



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

**POSOUZENÍ INVESTIC DO ÚSPOR VYTÁPĚNÍ
RODINNÝCH DOMŮ**

COMPARING INVEST TO SAVE HEATING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Markéta Kalivodová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marek Baláš, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Studentka: **Markéta Kalivodová**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Marek Baláš, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Posouzení investic do úspor vytápění rodinných domů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Náklady na vytápění patří mezi základní výdaje každé domácnosti. Proto se vyplatí hledat možné úspory, které by se pozitivně projevíly při ekonomické bilanci. Ne všechna opatření ale jsou z dlouhodobého hlediska výhodné, jak se na první pohled zdá.

V rámci realizace bakalářské práce budou provedeny návrhy pasivních opatření, která povedou ke snížení tepelných ztrát rodinného domu. Bude proveden výpočet tepelných ztrát vzorového domu a ekonomické posouzení navržených opatření.

Cíle bakalářské práce:

tvorba přehledu možných opatření vedoucích ke snížení tepelných ztrát rodinného domu
přehled možných ekologických a zdravotních dopadů zateplení
výpočet tepelných ztrát vzorového domu dle ČSN
výpočet tepelných ztrát v programu TechCON
návrhy opatření snížení tepelných ztrát
ekonomické posouzení návrhů

Seznam literatury:

PAVELEK, Milan. Termomechanika. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-8-214-4300-6.

BROŽ, Karel. Vytápění. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2006, ISBN 80-01-02536-5

ČSN EN 73 0540 – 3. Tepelná ochrana budov. 1. Praha: Český normalizační úřad.

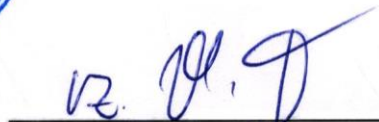
ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách - výpočet tepelného výkonu. 1. Praha: Český normalizační institut.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne 1. 11. 2016



doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Smyslem této bakalářské práce je posouzení investic do vytápění modelového rodinného domu. Za tímto účelem jsou nejdříve obecně rozebrány jednotlivé možnosti snížení energetické náročnosti domu, přičemž byly zmíněny i nevýhody zateplení v případě jeho špatného provedení. Následovně byly vypočteny tepelné ztráty domu dle normy ČSN EN 12831, ze kterých byla určena celková roční potřeba energie na vytápění. Tyto výpočty byly zopakovány v programu TechCON®. Na základě spočtených tepelných ztrát domu byla navržena jednotlivá řešení, která také byla řešena v tomto softwaru. Na závěr byly všechny možnosti zhodnoceny.

KLÍČOVÁ SLOVA

tepelná ztráta, zateplení, rodinný dům, úspora, investice

ABSTRACT

The purpose of this bachelor thesis is to compare invest to save heating of a sample family house. At the beginning of the thesis there are analysed some individual options for reducing energy efficiency of the house. There are also discussed disadvantages of thermal insulation if it is badly performed. Thereafter there were calculated the heat losses of the house according to standard ČSN EN 12831, which determined the total annual energy demand for heating. These calculations were repeated in the software TechCON®, in which was later solved individual proposals to reduce the heat loss of the house. In the end, all options were evaluated.

KEY WORDS

heat loss, thermal insulation, family house, saving, investment

Bibliografická citace

KALIVODOVÁ, M. Posouzení investic do úspor vytápění rodinných domů. Brno:
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 50 s. Vedoucí bakalářské práce
Ing. Marek Baláš, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Posouzení investic do vytápění rodinného domu* vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne



Markéta Kalivodová

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu Ing. Marku Balášovi, PhD. za ochotu, věnovaný čas, cenné rady a připomínky při konzultacích bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala svému příteli a rodině za podporu a shovívavost.

Obsah

1	ÚVOD.....	3
2	PŘEHLED MOŽNÝCH OPATŘENÍ VEDOUCÍCH KE SNÍŽENÍ TEPELNÝCH ZTRÁT RODINNÉHO DOMU	4
2.1	Základní materiály pro tepelné izolace	4
2.1.1	Extrudovaný polystyren (XPS)	4
2.1.2	Expandovaný polystyren (EPS)	4
2.1.3	Polyuretan	5
2.1.4	Minerální a skelná izolace	5
2.1.5	Pěnové sklo	5
2.2	Zateplení jednotlivých stavebních částí	6
2.2.1	Zateplení podlahy.....	6
2.2.2	Zateplení střechy (stropu)	7
2.2.3	Zateplení stěn.....	8
3	PŘEHLED MOŽNÝCH ZDRAVOTNÍCH A EKOLOGICKÝCH DOPADŮ ZATEPLENÍ	10
3.1	Dopady na zdraví.....	10
3.1.1	Plísně	10
3.1.2	Jak se zbavit plísní v domácnosti.....	11
3.2	Ekologické dopady zateplení.....	12
4	POPIS OBJEKTU.....	13
5	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	15
5.1	Výpočet tepelných ztrát dle normy ČSN EN 12831	15
5.1.1	Klimatické údaje	16
5.1.2	Údaje o materiálech	17
5.1.3	Tepelná ztráta vytápěného prostoru prostupem tepla a větráním	19
5.1.4	Tepelný zátopový výkon.....	23
5.1.5	Návrhový tepelný výkon.....	23
5.1.6	Celková roční potřeba energie na vytápění	24
5.1.7	Výpočet nákladů na vytápění.....	25
5.2	Výpočet tepelných ztrát pomocí softwaru TechCON®	26
5.2.1	Porovnání výsledků	27
6	NÁVRHY OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ TEPELNÝCH ZTRÁT	29
6.1	Varianta A.....	29
6.2	Varianta B.....	30
6.3	Varianta C.....	31
6.4	Varianta D.....	31
6.5	Varianta E	32

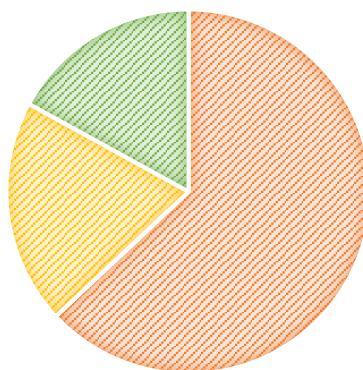
7	EKONOMICKÉ POSOUZENÍ NÁVRHŮ	33
8	ZÁVĚR	36
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	37
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	40
	SEZNAM PŘÍLOH	42

1 ÚVOD

Úspora energie je dnes jedním z hlavních celosvětově řešených témat. Lidé se snaží šetřit z různých důvodů. Nasnadě jsou ty ekonomické, avšak nelze opomenout ani ekologické, kráčí totiž ruku v ruce. Příkladem může být budova vytápěná tuhými palivy, u které snížením tepelných ztrát dojde k úspoře na vytápění, a zároveň ke snížení úniku škodlivých emisí do ovzduší.

Tato práce je zaměřena na snížení investic do vytápění rodinného domu. Dle Českého statistického úřadu jde na energie 27 % celkových výdajů průměrné domácnosti, z čehož až dvě třetiny tvoří právě vytápění [31]. Různými metodami zateplení lze tyto náklady snížit, u starších domů až o 75 % [32].

■ Vytápění ■ Ohřev vody ■ Spotřebiče



Obrázek 1-1: Rozložení spotřeby energie v domácnosti [33]

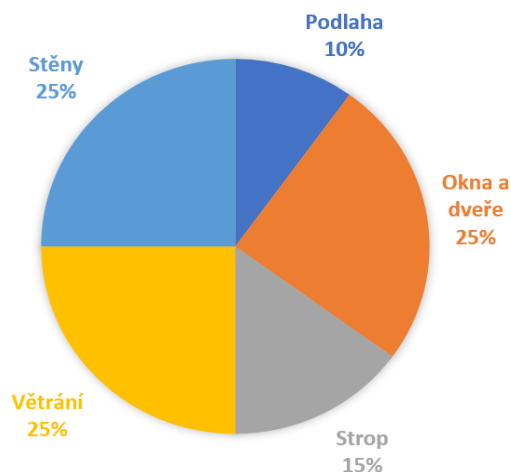
Na českém trhu je široká nabídka tepelných izolací. Při zateplování je nutné dodržet správnou skladbu a dbát na správné provedení samotného zateplovacího systému. Nesprávnost provedení s sebou přináší řadu problémů jako je kondenzace par, která podporuje hnilobu nebo tvorbu plísní. Další možností, jak snížit tepelné ztráty domu, je výměna oken. Okna jsou dost problematickou stavební částí z hlediska úniků tepla. Ta nejmodernější okna však mají únik tepla srovnatelný s únikem skrz běžnou zeď.

Investice do zateplení či výměny oken je velmi vysoká a mnoho domácností si ji tak nemůže dovolit. Nabízí se tedy ještě jedno řešení, a sice zjistit, jak se dá ušetřit pouhou změnou dodavatele energií. Hlavní dodavatelé totiž nemusí být těmi nejlevnějšími.

Na modelovém domu zvoleném pro tuto práci budou spočteny tepelné ztráty. Výsledky ručního výpočtu budou ověřeny v programu TechCON®. Dále budou navržena opatření vedoucí ke snížení tepelných ztrát. Na závěr proběhne zhodnocení jednotlivých metod.

2 PŘEHLED MOŽNÝCH OPATŘENÍ VEDOUCÍCH KE SNÍŽENÍ TEPELNÝCH ZTRÁT RODINNÉHO DOMU

Na obrázku 1.1 můžeme vidět orientační tepelné ztráty starého rodinného domu. Ve své bakalářské práci jsem se rozhodla pozornost soustředit hlavně na zateplení stěn a okrajově na zateplení podlahy a stropu. Bylo tak zvoleno z důvodu, že dům, který byl vybrán jako modelový, má okna s poměrně dobrými parametry.



Obrázek 2-1: Tepelné ztráty starého domu [1]

2.1 Základní materiály pro tepelné izolace [3]

V této kapitole budou rozebrány materiály, které se nejčastěji používají k zateplování. Na konci budou vzájemně srovnány jejich parametry jako je součinitel tepelné vodivosti, faktor difúzního odporu nebo objemová hmotnost.

2.1.1 Extrudovaný polystyren (XPS)

Je mnoho druhů XPS, které se liší pevností v tlaku. Při rozlomení se nedrolí na kuličky. Je to nenasákavá izolace, takže ji lze použít do míst s vyšší vlhkostí. Mezi výhody XPS patří vysoká pevnost, snadná opracovatelnost a široká možnost použití. Mezi další nevýhody patří citlivost na teploty vyšší než 75 °C a také pořizovací cena. Hlavní nevýhodou je, že je to neekologický materiál.

2.1.2 Expandovaný polystyren (EPS)

Díky nízké ceně je nejrozšířenějším zateplovacím materiálem u nás. Výroba probíhá buď vyplňováním do forem nebo řezáním z vypěněných kvádrů, což má za následek smršťování do původního nenapěněného stavu, což je problematické zejména při teplotách vyšších než 70 °C, kdy se materiál s rostoucí teplotou stahuje. Z tohoto důvodu je nevhodné používat EPS k zateplování tmavých fasád, které jsou orientovány ke slunci. Kromě objemových změn patří mezi nevýhody EPS také citlivost na vlhkost, malá odolnost v tlaku a hořlavost.



Obrázek 2-1: Srovnání struktury extrudovaného (vlevo) a pěnového polystyrenu [4]

2.1.3 Polyuretan

Má velmi dobré izolační vlastnosti. Ve stavebnictví se využívá hlavně ve formě tvrdé polyuretanové pěny (PUR), ale vyrábí se i ve formě měkké polyuretanové pěny (tzv. molitan).

PUR je materiál, který dobře snáší velké rozdíly teplot (-50°C až $+130^{\circ}\text{C}$), vyznačuje se dobrou přilnavostí k podkladu.

Od předchozích zateplovacích materiálů se liší odolností vůči organickým rozpouštědlům, kyselinám a louhům. Jeho nevýhodou je citlivost na UV záření, což se dá však vyřešit vhodným nátěrem. Mezi nevýhody se pak řadí i cena a to, že materiál není ekologický.



Obrázek 2-2: [5]

2.1.4 Minerální a skelná izolace

Mají podobné vlastnosti. Minerální vata se vyrábí z taveného čediče a na rozdíl od skelné vaty se z ní vyrábějí i poměrně tuhé desky. Skelná vata je vyrobena zplstněním skleněných vláken. Vyznačují se odolností vůči vysokým teplotám a malou tepelnou roztažností, čímž je snížena pravděpodobnost vzniku trhlin fasád vlivem teplotních změn. Výhodou je nízký difúzní odpor. Ten zajišťuje prostup vodní páry a omezuje tak její kondenzaci, která vede ke vzniku plísní. Tento druh izolace totiž při styku s vodou ztrácí veškeré tepelné technické parametry. Výhodou je také tvarovatelnost, nehořlavost a odolnost vůči hmyzu a hlodavcům.



Obrázek 2-3: Skelná vata [6]

2.1.5 Pěnové sklo

Je to velmi odolný, nehořlavý materiál, který se vyrábí napěněním skloviny pomocí práškového uhlí. Je možné ho použít i do vysokých teplot, agresivního prostředí. Má vysokou pevnost v tlaku. Je zcela nepropustný vůči vodě (i ve formě páry) – lze ho použít do míst o vysoké vlhkosti. Nevýhodou je vysoká cena.



Obrázek 2-4: Pěnové sklo [7]

Tabulka 2-1: Srovnání parametrů zateplovacích materiálů

Materiál	Součinitel tepelné vodivosti ¹ λ [W/m.K]	Faktor difúzního odporu ² μ	Objemová hmotnost ³ [kg/m ³]	Měrná tepelná kapacita ⁴ c [J/kg.K]
Extrudovaný polystyren (XPS)	0,032-0,035	100-200	25-30	2060
Pěnový polystyren (EPS)	0,039-0,043	40-67	25-30	1270
Pěnový polyuretan (PUR)	0,024-0,032	150-200	30	1500
Minerální vata	0,054-0,095	5-12	150-350	1150
Skelná vata	0,046-0,05	2,5	15-35	940
Pěnové sklo	0,06-0,069	parotěsné	120-165	840

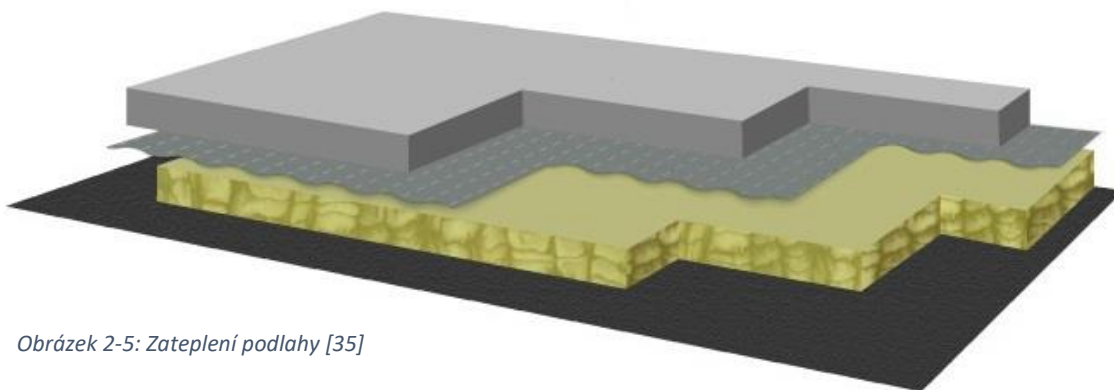
2.2 Zateplení jednotlivých stavebních částí

Tato kapitola se věnuje jednotlivým postupům, jak zateplit podlahu, střechu nebo stěnu.

2.2.1 Zateplení podlahy

Při zateplování podlahy nepodsklepeného domu záleží, jestli se jedná o novostavbu, nebo provádíme rekonstrukci. Při rekonstrukci totiž musíme odstranit původní podlahu a učinit opatření k zabránění vniknutí vlhkosti do zateplení podlahy (položít hydroizolační vrstvu).

Poté se většinou volí aplikace podlahového polystyrenu na betonovou desku s hydroizolací, vše se zalije ještě silnou vrstvou betonu.



Obrázek 2-5: Zateplení podlahy [35]

Občas se zateplení podlahy provádí nad nevytápěnou místností (sklepem), kde může být problémem nemožnost zvýšit podlahu. Dá se to však vyřešit zateplením ze strany sklepa. Nejčastěji se setkáváme se zateplováním pomocí expandovaného polystyrenu (EPS), které se lepí na tenkou vrstvu omítky stropu sklepa. [2]

¹ **Součinitel tepelné vodivosti** udává schopnost materiálu vést teplo. Čím je hodnota vyšší, tím materiál lépe izoluje.

² **Faktor difúzního odporu** udává schopnost materiálu propouštět vodní páry.

³ **Objemová hmotnost** značí poměr hmotnosti ku objemu tělesa.

⁴ **Měrná tepelná kapacita** vyjadřuje množství tepla, které je potřeba dodat 1 kg materiálu, aby se ohřál o 1 K.

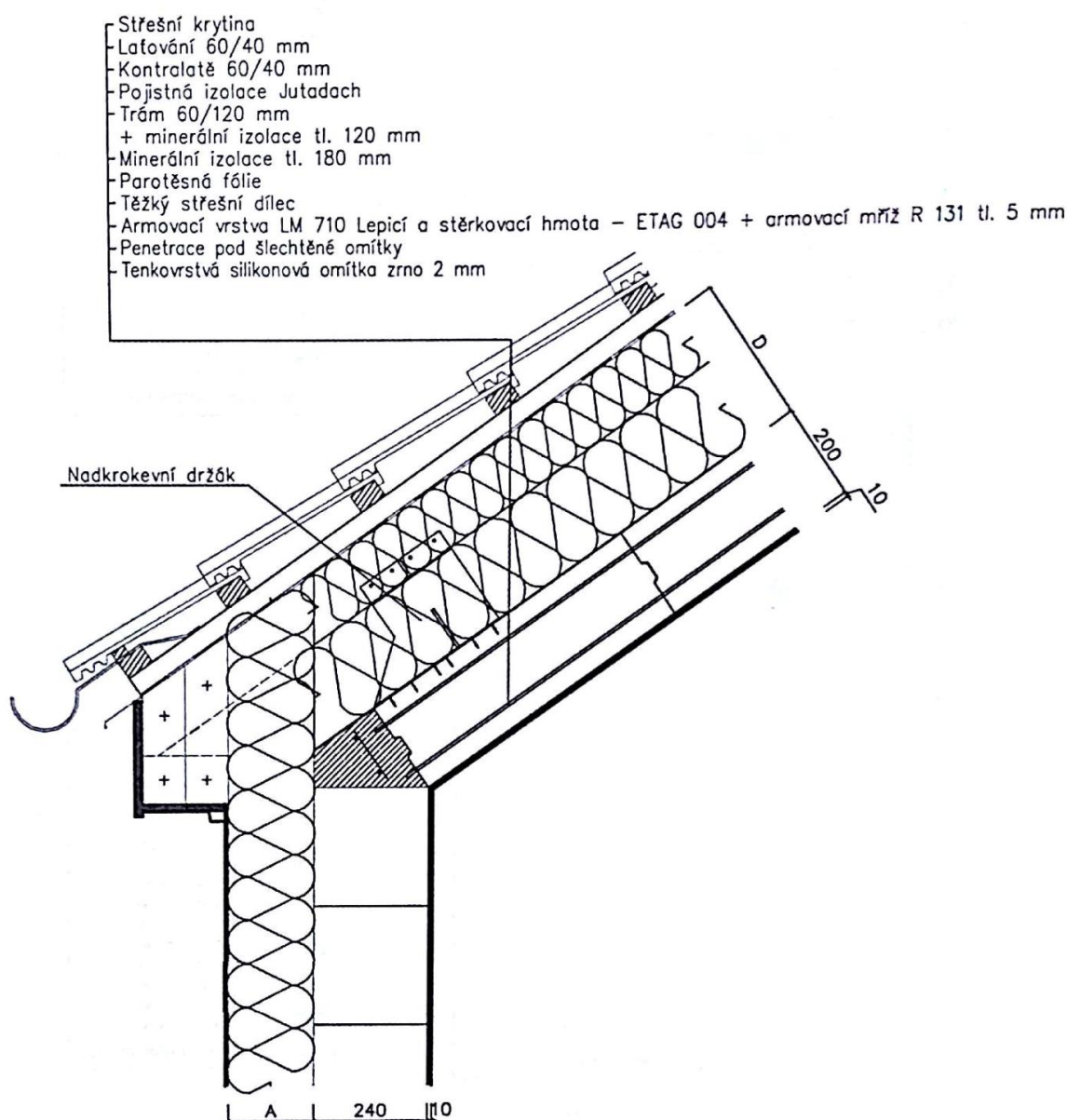
2.2.2 Zateplení střechy (stropu)

U starých domů s trámovými stropy je tepelná izolace slabá – prkna, vzduchová mezera a vrstva škváry. Jedním z možných řešení je vložení minerální vaty mezi trámy.

Při rekonstrukci podkroví na obytný prostor je důležitý faktor zateplení střechy. Možnosti zateplení jsou následující:

- nadkrokevní izolace (viz obr. 2-6)
- mezikrokevní
- mezikrokevní + podkrokevní

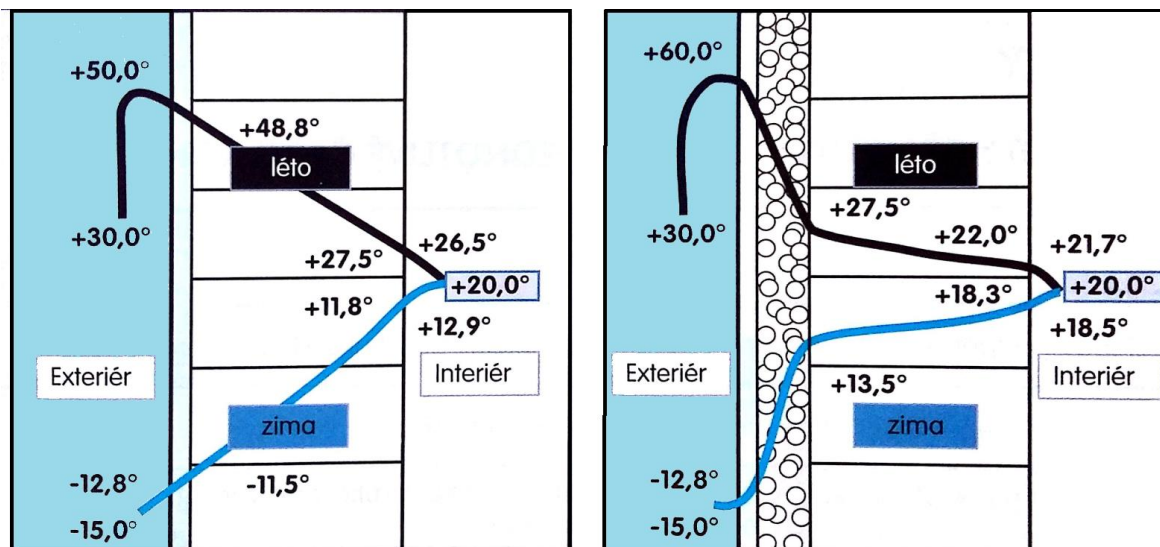
Nejobvyklejším způsobem je způsob mezikrokevní, i když často nedostačující. Voleb je hlavně proto, že nezmenšuje obytnou část podkroví. Následek špatně zatepleného podkroví je vidět v zimním období, kdy je na střeše vytátý sníh v místech krokví. Naopak v létě špatná izolace podkroví nezabraňuje vniknutí tepla.



Obrázek 2-6: Skladba zateplení střechy [34]

2.2.3 Zateplení stěn

Ke stavbě nových domů dnes používáme obvodové zdivo z cihel, které mají cca 5x menší tepelné ztráty než plné cihly pálené, ze kterých jsou postaveny starší domy. Proto je časté, že se majitelé starších domů rozhodnou pro zateplení zdí. [1]



Obrázek 2-7: Průběh teplot v neizolované (vlevo) a izolované stěně [34]

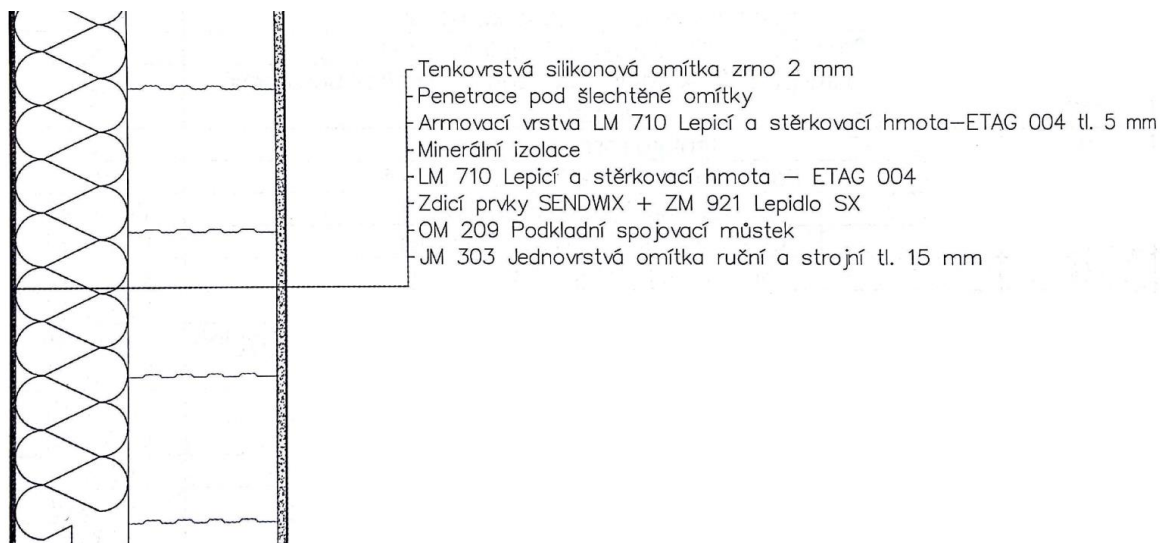
Zateplení stěnových konstrukcí může probíhat dvěma způsoby:

1. Z vnější strany konstrukce

Tento způsob v zateplování budov dominuje. Výhody tohoto způsobu zahrnují zvýšení tepelného odporu a tepelně akumulčních vlastností stěn. Takto jsme schopni též vyřešit problémy s kondenzací vodní páry uvnitř zdí.

Na druhou stranu zde vzniká potřeba chránit tepelně izolační vrstvu před působením vnějších klimatických podmínek a nutnost izolovat celou plochu konstrukce, což může být někdy obtížné z hlediska členitosti fasády.

Nejčastější volbou pro zateplení fasády je pěnový polystyren EPS.



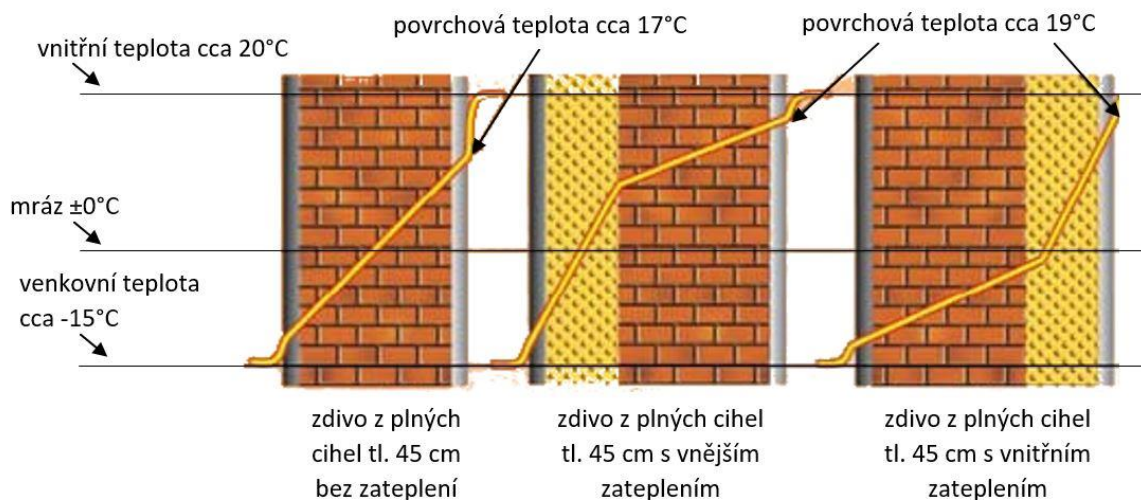
Obrázek 2-8: Skladba zateplení stěny minerální izolací [34]

2. Z vnitřní strany stěnové konstrukce

Zateplení z vnitřní strany stěnové konstrukce se neprovádí příliš často. Je nutné ho použít například u zateplení budov historických památek, které mají fasádu se složitým reliéfem.

Tento způsob je cenově i technologicky výhodnější, protože zde nemusíme zateplovat celou stěnovou konstrukci, ale jen její část.

Velkým problémem je zde však kondenzace páry uvnitř stěny. Zateplení z vnitřní strany stěnové konstrukce může mít za následek také snížení tepelně akumulčních vlastností konstrukce a vznik tepelných mostů¹. [8]



Obrázek 2-9: Porovnání jednotlivých metod [9]

¹ **Tepelné mosty** jsou místa v konstrukci, kde dochází k větším tepelným tokům než v jeho okolí. Tato místa mají chladnější povrch, což může vést ke kondenzaci par a následně ke vzniku plísní)

3 PŘEHLED MOŽNÝCH ZDRAVOTNÍCH A EKOLOGICKÝCH DOPADŮ ZATEPLENÍ

Zateplování je v dnešní době velký trend, jeho provedení s sebou totiž přináší řadu výhod. Tato kapitola se však zabývá jeho negativními dopady. Ty mohou ovlivnit jak naše zdraví, tak zdraví prostředí, ve kterém žijeme.

3.1 Dopady na zdraví

Na první pohled by se mohlo zdát zateplení domu jako ideální nápad, jak snížit provozní náklady domu, je však velmi důležité proces zateplení provést správným způsobem a nic nepodcenit. Hlavní věc, na kterou je třeba si dát pozor, je rosný bod¹.

3.1.1 Plísně

Plísně dokážou růst a rozmnožovat se i při nižších teplotách než 10 °C, takže se nevyhnou ani domům, kde se příliš netopí. Rozmnožují se sporami, které jsou tak lehké, že mohou být unášeny vzduchem na velké vzdálenosti. Po dopadu spory na místo, kde jsou pro ni vhodné podmínky (vlhkost), začne spora klíčit, růst a tvořit další spory.

Vysoká koncentrace spor plísní v ovzduší představuje pro člověka hrozbu v podobě alergického onemocnění, které může vyústit až v astma bronchiale. [10]

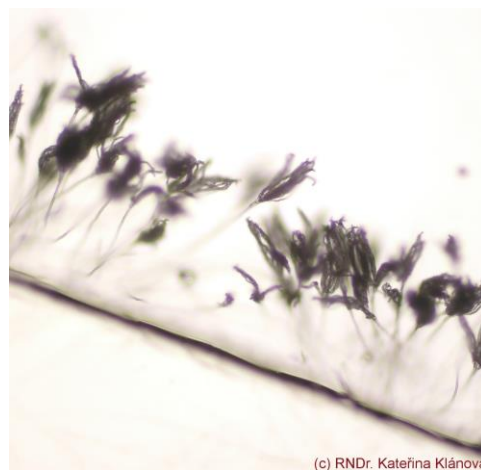
3.1.1.1 Astma bronchiale

Astma bronchiale je jednou z nejčastějších onemocnění moderní doby, které zasahuje především průdušky. V posledních letech byl zaznamenán prudký vzestup počtu nemocných. Údajně astmatem trpí každý dvanáctý Čech. Tato nemoc ještě stále není léčitelná, s pomocí léků je pouze udržován stav pacienta. Nemoc se projevuje náhlou dušností a kašlem, co může vést až k astmatickému záchvatu, kdy se zúží průdušky a průdušinky. Postižený člověk se tak začne dusit a bez včasné lékařské pomoci může záchvat skončit smrtí. [11]

3.1.1.2 Alergie

Výskyt plísní rovněž podporuje rozvoj alergií. Alergie je přehnaná reakce imunitního systému organismu na některé látky v našem okolí. Alergie ztěžují průběh běžných onemocnění dýchacích cest – prohloubí příznaky a prodlouží trvání nemoci. Zvyšuje též náchylnost k těmto onemocněním.

Plísně mohou poškozovat zdraví člověka i jinak. To, co cítíme jako plísněový zápach, jsou těkavé organické látky, které produkují spory během svého růstu. Tyto látky dráždí oči, nos, krk, způsobují bolest hlavy a podráždění pokožky. Některé patogenní plísně mohou (např. po vdechnutí) v tělních orgánech vyklíčit a růst, což vede k orgánovým mykózám. [10]



Obrázek 3-1: Plíseň rostoucí na zdi, pozorování mikroskopem [10]

¹ **Rosný bod** je teplota, při které je vzduch tak nasycen vodními parami, že už není schopen víc par absorbovat, dochází tak ke kondenzaci vodní páry na kapalné skupenství. Dostáváme se tak do stavu, kdy je relativní vlhkost 100 % a nastávají tak podmínky vhodné pro růst různých mikroorganismů, zejména plísní.

3.1.2 Jak se zbavit plísní v domácnosti

Objeví-li se na zdi plíseň, lidé často sahají po různých chemických přípravcích. Ty však nemají žádný dlouhodobější účinek. K opravdovému odstranění plísně je zapotřebí najít příčinu vlhkosti. Tou může být buď špatně provedená hydroizolace, kondenzace páry z vnitřního provozu v domě nebo třeba zatékání střechou.

Když je dům částečně zapuštěný do země, voda vzlíná do zdí ze základů, ale i z boku. Hydroizolace chrání dům před pronikáním podpovrchové vody. To, jak je hydroizolace provedena, má velký vliv na životnost a trvanlivost celé konstrukce domu. Pokud se v domě objeví jen mírnější projevy vlhkosti, k nápravě stačí **sanační omítka**, která podpoří odpaření vlhkosti ze zdi a brání pronikání vody do zdi. Při větším množství vlhkosti ve zdivu je nutné provést dodatečnou hydroizolaci. Existuje několik metod hydroizolace:

Podřezání zdiva se provádí po úsecích pomocí diamantového lana nebo řetězové pily. Do vzniklé spáry se vloží izolační materiál (nejčastěji polyetylenová fólie) a následně jsou tam zatlučeny plastové klíny. Nakonec se zdivo zainjektuje cementovou směsí. Narážení nerezových plechů s vlnitým profilem je dalším ze způsobů podřezání zdiva. Plech je zaražen do spáry zdiva, což je dost nešetrný zásah do konstrukce. [12]



Obrázek 3-3: Injektáž [13]



Obrázek 3-2: Podřezávání – zatlučování klínů [14]

Injektáž je metoda sanace, při níž je zdivo navrtáno. Do těchto vrtů se následně aplikuje vodoodpudivá vrstva (polyuretany, krémy, gely). [15]

Vybudování **drenáže** spočívá ve vyhloubení příkopu okolo domu, dno se vysype štěrkem, na který se pokládá drenážní trubka tak, aby byla ve spádu. Na zeď se může připevnit nopová fólie, která vytváří prostor k odvětrávání zdi. Příkop se nakonec zasype porézním materiálem (např. makadam). [16]

Vysoušení zdiva **elektroosmózou** je nejšetrnější metoda, protože probíhá bez stavebních prací. Přístroj namontovaný na zeď vytváří pole, díky kterému voda nebude vzlínat, ale naopak začne klesat zpět do země. To způsobují soli rozpuštěné ve vodě. [17]

Jak předcházet plesnivění

Nejběžnějším a nejjednodušším způsobem je větrání. Větrat je nutné často, ideální je průvan, v zimě kvůli úsporám tepla alespoň nárazově. V koupelně je možné využít ventilátor. Při vaření je dobré používat digestoř a prádlo bychom měli sušit venku.

3.2 Ekologické dopady zateplení

V České republice se začalo zateplovat v 90. letech minulého století. Zateplovací materiály, které byly tehdy použité, měly deklarovanou životnost 50 let. Ještě před uplynutím této doby je však potřeba řešit, co s vadným zateplením – zpravidla takovým, které bylo provedeno na špatně upravených površích.

Zateplovat se dá dvojím způsobem – kontaktně a bezkontaktně. U kontaktního systému (tzv. ETICS) je izolační deska tmelem přilepena k fasádě, uchycení je zesíleno pomocí hmoždinek. Na tyto desky je natažena armovací tkanina (perlina), která zajišťuje, aby stěrková omítka nepopraskala. Podmínkou tohoto kontaktního systému je, že zateplovaný povrch musí být dostatečně soudržný, pevný a nesmí být vlhký. Bezkontaktní systémy jsou naopak snadno separovatelné, jednotlivé složky nejsou znečištěny lepidly a tmely.

Problém vzniká u kontaktních systémů, kdy se jednotlivé složky nemohou odseparovat. Vzniká tak směsný odpad, jež je možné recyklovat podrcením na kamenivo do lehčených betonů nižších kvalit nebo ho využít energeticky ve spalovně. Pokud je příliš kontaminován nehořlavými omítkami tak, že nehoří, je uložen na skládce odpadů. [39]

U bezkontaktních systémů není problém jednotlivé složky odloučit a recyklovat. Pokud nejsou tyto složky chemicky znečištěné, je možné je recyklovat do původní podoby. [37]

Nejrozšířenějším zateplovacím materiálem je pěnový polystyren EPS. Ve vnímání tohoto zateplovacího materiálu se společnost dělí na dva tábory. Jedni jej přijímají jako materiál bezpečný, druhí z něj mají obavy.

Polystyren se vyrábí polymerací styrenu. Pro pěnový polystyren je základní surovinou zpěňovatelný polystyren, tedy polystyren, který obsahuje pentan jako nadouvadlo. Obě látky, styren i pentan, jsou běžnou součástí přírody. Někteří se domnívají, že pěnový polystyren obsahuje freony, to však není pravda. Pro průmyslové využití se tyto látky vyrábějí z ropy.



Obrázek 3-4: Detail pěnového polystyrenu [40]

V rámci protipožární ochrany budov se používá tzv. samozhášivý polystyren. Řadí se do skupiny hořlavosti C1, což jsou těžce hořlavé látky. Při hoření polystyrenu vzniká výhradně oxid uhelnatý, který je pouze v malých koncentracích. V porovnání s hořením dřeva, kdy se uvolňuje daleko více oxidu uhelnatého, je mnohem bezpečnější. [38]

Pěnový polystyren obecně neškodí životnímu prostředí, ani nekontaminuje vodu. Je však potřeba, aby byl správně zpracován. U všech plastových materiálů je třeba dbát, aby byly v co největší míře recyklovány a omezilo se tak jejich spalování, či ukládání na skládku.

4 POPIS OBJEKTU

Rodinný dům, jež je použit pro tuto práci jako modelový, se nachází ve Františkových Lázních v městské části Slatina. Leží v nadmořské výšce 450 m n. m. Jedná se o nepodsklepený jednopodlažní dům s plochou střechou. Obytná část domu je orientována na jih, koupelna, prádelna a technická místnost jsou orientovány na sever.

Zastavěná plocha objektu je 251,62 m² a světlá výška místností je 2,6 m.

Obvodové zdivo domu je z cihel Porotherm 30 a příčky jsou z cihel Porotherm 14, které jsou určeny pro vnitřní nosné a nenosné zdivo. Podlaha se skládá z podkladního betonu, hydroizolace, betonové mazaniny a nášlapné vrstvy. Strop je tvořen cihelnými vložkami MIAKO a keramobetonovými stropními nosíky. Okna jsou provedena z plastových profilů s výplní izolačním trojsklem.

Vytápění a ohřev vody je zajištěn plynovým kotlem. V domě je i možnost spalování tuhých paliv v krbu, avšak ten má v bytě spíše estetickou funkci.

5 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

Tepelné ztráty budovy jsou jedním z nejpodstatnějších faktorů, podle kterých se dá určit ekonomická bilance budovy. Míru přenosu tepla vyjadřuje tepelný tok \dot{Q} [W] nebo hustota tepelného toku \dot{q} [W.m⁻²]. Při výpočtu tepelných ztrát je potřeba znát, jakým způsobem teplo z budovy uniká.

Prvním způsobem je vedení (kondukce). Teplo se takto přenáší dotykem těles z teplejšího tělesa na chladnější. Kondukce je charakterizována tzv. součinitelem tepelné vodivosti λ [W.m⁻¹.K⁻¹]. Druhým způsobem je proudění (konvekce), kdy se teplo šíří prouděním kapaliny nebo plynu. V kapalině probíhá mnohem snáze než v plynu. Konvekci charakterizuje součinitel přestupu tepla U [W.m⁻².K⁻¹]. Posledním způsobem je tepelné záření (radiace), ke kterému dochází jen v plynech a ve vakuu. Je definováno pomocí vlastní zářivosti E_0 [W.m⁻²]. [18]

Tepelné ztráty zvoleného rodinného domu budou vypočteny pomocí aktuální normy ČSN EN 12831.

5.1 Výpočet tepelných ztrát dle normy ČSN EN 12831

Vzorový postup výpočtu pro jeden vytápěný prostor:

- a) Stanovení hodnoty výpočtové venkovní teploty a průměrné roční venkovní teploty.
- b) Stanovení stavu každého prostoru (vytápěný nebo nevytápěný) a hodnot pro výpočtovou vnitřní teplotu každého vytápěného prostoru.
- c) Stanovení rozměrových a tepelných vlastností pro všechny stavební části a pro každý vytápěný a nevytápěný prostor.
- d) Výpočet součinitele návrhových tepelných ztrát prostupem a násobení návrhovým rozdílem teplot pro získání tepelných ztrát prostupem vytápěného prostoru.
- e) Výpočet součinitele návrhových tepelných ztrát větráním a násobení návrhovým rozdílem teplot pro získání tepelných ztrát větráním vytápěného prostoru.
- f) Stanovení celkové návrhové tepelné ztráty vytápěného prostoru sečtením návrhových tepelných ztrát prostupem a návrhových tepelných ztrát větráním.
- g) Výpočet zátopového výkonu vytápěného prostoru, např. dodatečného výkonu potřebného pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění.
- h) Stanovení návrhového celkového tepelného výkonu sečtením celkových návrhových tepelných ztrát a zátopového výkonu. [19]

5.1.1 Klimatické údaje

K výpočtu tepelných ztrát je potřeba znát výpočtovou venkovní teplotu a roční průměrnou teplotu. Tyto hodnoty byly stanoveny dle normy ČSN EN 12831 (tabulka NA.1) na základě teplot naměřených na klimatické stanici nejbliž Františkových Lázní – Cheb:

Tabulka 5-1: Klimatické údaje [19]

	Označení	Hodnota [°C]
Výpočtová venkovní teplota	Θ_e	-15
Roční průměrná teplota	$\Theta_{m,e}$	3,6

Dále bylo potřeba určit výpočtovou vnitřní teplotu. Pro budovy, kde je světlá výška místnosti menší než 5 metrů, se výpočtová vnitřní teplota místností určí dle přílohy NA.2 [19].

Tabulka 5-2: Všeobecné údaje o vytápěných místnostech

Vytápěné místnosti	Výpočtová vnitřní teplota	Plocha místnosti	Objem místnosti
	$\Theta_{int,i}$ [°C]	A_k [m ²]	V_k [m ³]
1.01 – Zádveří + šatna	18	6,1	14,3
1.03 – Obývací pokoj + jídelna	22	37,8	88,7
1.04 – Kuchyně	20	11,3	26,6
1.08 – Chodba	20	29,9	70,4
1.09 – Prádelna	20	7,6	17,9
1.10 – Koupelna + WC	24	12	28,1
1.11 – Ložnice	20	15,3	36
1.12 – Pokoj	20	15	35,3
1.13 – Pokoj	20	15	35,3

V nevytápěných prostorách je stanoven teplotní redukční činitel b_u , který zahrnuje teplotní rozdíl mezi těmito místy. Jeho hodnota se určí dle normy ČSN-EN-12831 (Tab. D.4) [19] nebo dle vztahu:

$$b_u = \frac{\Theta_{int,i} - \Theta_u}{\Theta_{int,i} - \Theta_e} \quad [-] \quad (5.1)$$

$\Theta_{int,i}$ – výpočtová vnitřní teplota

Θ_u – teplota nevytápěné místnosti

Θ_e – výpočtová venkovní teplota

Tabulka 5-3: Všeobecné údaje o nevytápěných místnostech

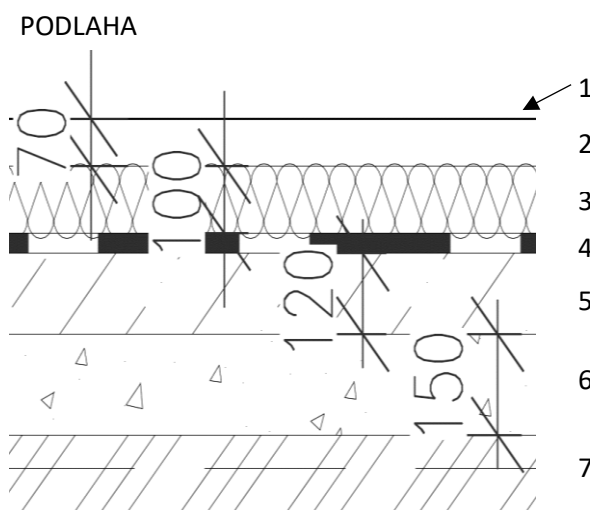
Nevytápěné místnosti	Teplotní redukční činitel	Teplota
	b_u [-]	Θ_u [°C]
1.02 – WC	0,4	18
1.05 – Potravinová komora	0,4	15
1.06 – Technická místnost	0,6	15
1.07 – Zahradní sklad	0,4	15

5.1.2 Údaje o materiálech

Součinitel tepelné vodivosti λ [W/m.K]

Součinitel tepelné vodivosti udává schopnost materiálu vést teplo. Čím je hodnota vyšší, tím materiál lépe izoluje. Hodnoty byly odečteny z normy ČSN 73 0540-3 [20] a u materiálů označených poznámkou byla hodnota převzata odjinud. Součinitel tepelné vodivosti je určen vztahem:

$$[19] \quad \lambda = \frac{\vec{q}}{-grad\theta} \quad [W/m.K] \quad (5.2)$$

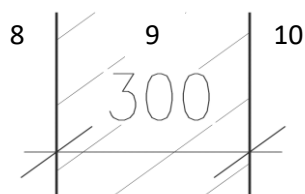


Obrázek 5-1: Podlaha na terénu

Tabulka 5-4: λ pro podlahu

Označení	Materiál	λ [W/m.K]
1a	Dřevěné parkety	0,18
1b	Keramická dlažba	1,01
1c	Vinylová podlaha ¹	0,12
2	Betonová mazanina	1,3
3	Tepelná izolace (XPS)	0,034
4	Hydroizolace (asfaltový pás)	0,21
5	Podkladní beton	1,3
6	Štěrkový násyp	0,65
7	Rostlý terén	1,85

OBVODOVÉ ZDIVO



Obrázek 5-2: Obvodové zdivo

Tabulka 5-5: λ pro obvodové zdivo

Označení	Materiál	λ [W/m.K]
8	Vápenocementová malta	0,97
8a	Štuk	0,99
8b	Keramický obklad	1,01
9	Porotherm 30 ²	0,2
10	Venkovní omítka	0,12

PŘÍČKY

Příčka je provedena z cihel Porotherm 15. Z obou stran je provedena vápenocementová omítka + štuk, nebo keramický obklad.

Tabulka 5-6: λ pro příčky

Označení	Materiál	λ [W/m.K]
11	Porotherm 14 ³	0,28

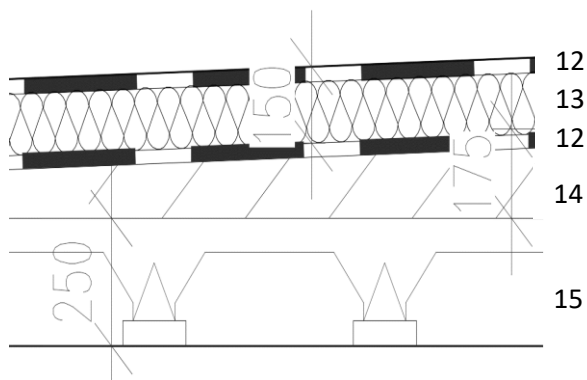
¹ Vinylová podlaha – [21]

² Porotherm 30 – [22]

³ Porotherm 14 – [23]

STROP + STŘECHA

Spádová vrstva střechy je vytvořena z lehčeného betonu o průměrné tloušťce 200 mm. Na tuto spádovou vrstvu je položena tepelná izolace (XPS, tl. 100 mm).



Obrázek 5-3: Strop + střecha

Tabulka 5-7: λ pro strop a střechu

Označení	Materiál	λ [W/m.K]
12	Hydroizolace (asfaltový pás)	0,21
13	Tepelná izolace (XPS)	0,034
14	Lehčený beton	0,2
15	MIAKO strop ¹	0,83

Tepelný odpor R [m².K/W]

Tepelný odpor vyjadřuje, při jakém rozdílu teplot na površích konstrukce se přenesla energie o velikosti 1 J za sekundu. Je dán vztahem: [25]

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K/W}] \quad (5.3)$$

d – tloušťka vrstvy v konstrukci [m]

λ – součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]

Následující hodnoty (tab. 5-4) jsou dány normou ČSN EN 12831 (tab. C.2) [19]

Tabulka 5-4: Tepelný odpor při přestupu tepla (mezi vzduchem a stavební částí)

Označení	Popis	R_{si} (interiér) nebo R_{se} (exteriér) [m ² .K/W]
20	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)	0,13
21	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)	0,04
22	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru)	0,10
23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)	0,17

Součinitel prostupu tepla U_k [W/m².K]

Tato veličina definuje, kolik tepla prostoupí konstrukcí na ploše 1 m², když rozdíl teplot mezi povrchy této konstrukce je 1 K. Hodnota U_k je určena následujícím vztahem: [26]

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (5.4)$$

R_{si} – tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce

R – tepelný odpor materiálů

R_{se} – tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce

¹ MIAKO [24]

5.1.3 Tepelná ztráta vytápěného prostoru prostupem tepla a větráním [19]

Celkovou tepelnou ztrátu je tvořena dvěma složkami – ztrátou tepla prostupem tepla vytápěného prostoru a ztrátou tepla větráním tohoto prostoru. Vypočítá se z následující rovnice:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [W] \quad (5.5)$$

$\Phi_{T,i}$ – návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W]

$\Phi_{V,i}$ – návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\Phi_{int,i} - \Phi_e) \quad [W] \quad (5.6)$$

$H_{T,ie}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy [W/K]

$H_{T,iue}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u) [W/K]

$H_{T,ig}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu [W/K]

$H_{T,ij}$ – součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu [W/K]

$\Phi_{int,i}$ – výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) [°C]

Φ_e – výpočtová venkovní teplota [°C]

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie}$

Tento součinitel slouží ke stanovení lineárních tepelných ztrát. Je možné jej spočítat dle vztahu:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k + U_k + e_k \quad [W/K] \quad (5.7)$$

e_k – korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických vlivů

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem – součinitel tepelné ztráty $H_{T,iue}$

Počítá se v případě, že mezi vytápěným prostorem a venkovním prostředím je nevytápěný prostor.

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u \quad [W/K] \quad (5.8)$$

Tepelné ztráty do přilehlé zeminy – součinitel tepelné ztráty $H_{T,ig}$

Závisí na více činitelích jako je např. plocha a obvod podlahové desky nebo hloubka podzemního podlaží. Vypočte se dle vztahu:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \quad [W/K] \quad (5.9)$$

f_{g1} – korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty

f_{g2} – teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou, je určen vztahem:

$$f_{g2} = \frac{\Phi_{int,i} - \Phi_{m,e}}{\Phi_{int,i} - \Phi_e} \quad (5.10)$$

$U_{equiv,k}$ – ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí (k) [W/m².K]

G_w – korekční činitel zohledňující vliv spodní vody

Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách – součinitel tep. ztráty $H_{T,ij}$

$H_{T,ij}$ je definován vztahem:

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k \quad [W/K] \quad (5.11)$$

$f_{i,j}$ – redukční teplotní činitel, který koriguje teplotní rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty, vypočte se dle vztahu:

$$f_{i,j} = \frac{\Phi_{int,i} - \Phi_{vytápěného\ souseďního\ prostoru}}{\Phi_{int,i} - \Phi_e}$$

Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla pro jednotlivé místnosti je uveden v příloze B. Jednotlivé výsledky jsou uvedeny v následující tabulce:

Tabulka 5-5: Tepelná ztráta prostupem tepla

Místnost	Tepelná ztráta prostupem tepla
	$\Phi_{T,i}$ [W]
1.01 – Zádveří + šatna	347,54
1.02 – WC	33,96
1.03 – Obývací pokoj + jídelna	1798,55
1.04 – Kuchyně	442,75
1.05 – Potravinová komora	52,84
1.06 – Technická místnost	256,72
1.07 – Zahradní sklad	81,10
1.08 – Chodba	850,40
1.09 – Prádelna	213,28
1.10 – Koupelna + WC	514,88
1.11 – Ložnice	605,02
1.12 – Pokoj	521,30
1.13 – Pokoj	797,82
Σ	6516,15

Návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru

Tepelné ztráty větráním jsou neodmyslitelnou složkou celkových tepelných ztrát každého domu. Tyto ztráty lze vypočítat z následujícího vztahu:

$$\Theta_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e) \quad [W] \quad (5.12)$$

- $H_{v,i}$ – součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [W/K]
 $\Phi_{int,i}$ – výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) [°C]
 Φ_e – výpočtová venkovní teplota [°C]

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním $H_{v,i}$

Pro výpočet tohoto součinitele je uvažována konstantní hustota vzduchu a měrná tepelná kapacita vzduchu. Za tohoto předpokladu bude pro výpočet použit vztah:

$$H_{v,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_l \quad [W/K] \quad (5.12)$$

\dot{V}_l – výměna
vzduchu $[m^3/h]$

Další výpočet závisí na způsobu výměny vzduchu v domě. Pak se tedy jedná buď o přirozené větrání nebo nucené (dům má větrací soustavu, která např. přehřívá venkovní vzduch ústředním topením).

Přirozené větrání

V tomto případě je uvažováno, že v domě není instalována větrací soustava, takže přiváděný vzduch má tepelné vlastnosti venkovního vzduchu. U vytápěného prostoru se výměna vzduchu rovná maximu výměny vzduchu infiltrací $\dot{V}_{inf,i}$ spárami a styky obvodového pláště budovy a minimální výměna vzduchu $\dot{V}_{min,i}$, která zastupuje množství vzduchu požadovaného z hygienických důvodů.

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}) \quad [m^3/h] \quad (5.13)$$

$\dot{V}_{inf,i}$ – hodnota stanovená dle 7.2.2 [19]

$\dot{V}_{min,i}$ – hodnota stanovená dle 7.2.1

Hygienické množství vzduchu $\dot{V}_{min,i}$

Je to minimální množství vzduchu, které musí být přivedeno z hygienických důvodů. Je stanoveno vztahem:

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot \dot{V}_i \quad [m^3/h] \quad (5.14)$$

n_{min} – minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu, (tab. D.6) $[h^{-1}]$

\dot{V}_i – objem vytápěné místnosti vypočtený z vnitřních rozměrů $[m^3]$

Infiltrace obvodovým pláštěm budovy – množství vzduchu $\dot{V}_{inf,i}$

Je způsobena větrem a účinkem vztaku na plášť budovy. Spočte se dle vztahu:

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot \dot{V}_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad [m^3/h] \quad (5.15)$$

n_{50} – intenzita výměny vzduchu za hodinu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodů vzduchu, (tab. D.7) $[h^{-1}]$

e_i – stínící činitel, (tab. D.8) $[-]$

ε_i – výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země, (tab. D.9) $[-]$

Hodnota 2 v rovnici (3.15) uvažuje nejhorší případ, kdy všechen infiltrovaný vzduch vstupuje na jedné straně budovy.

Platí, že $\dot{V}_{inf,i} \geq 0$.

Tabulka 5-6: Tepelná ztráta větráním

		1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13
	Ozn. místnosti	Zádveří + šatna	WC	Obývací pokoj + jídlna	Kuchyně	Potravinová komora	Technická místnost	Zahradní sklad	Chodba	Prádelna	Koupelna	Ložnice	Pokoj 1	Pokoj 2
Objem místnosti V_i		14,3	5,2	88,7	26,6	7,7	12	15,2	70,4	17,9	28,1	36	35,3	35,3
Výpočtová venkovní teplota θ_e		-15												
Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$		18	18	22	20	15	15	15	20	20	24	20	20	20
Nejmenší hygienické požadavky	Nejmenší hygienická intenzita výměna vzduchu $n_{min,i}$	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5
	Nejmenší hygienické množství vzduchu $V_{min,i}$	7,15	7,8	44,35	39,9	3,85	6	7,6	35,2	26,85	42,15	18	17,65	17,65
Množství vzduchu infiltrací	Nechráněné otvory	1	1	3	2	1	1	0	2	1	1	1	1	1
	Intenzita výměny vzduchu při 50 Pa n_{50}	4												
	Čísel zladnění e	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Výpočet tepelné ztráty větráním	Výškový korekční čísel ϵ	1												
	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i}=2 \cdot V_i \cdot n_{50,i} \cdot \epsilon_i \cdot e_i$	2,29	0,83	21,29	6,38	1,23	1,92	0,00	16,90	2,86	4,50	5,76	5,65	5,65
	Zvolená výpočtová hodnota $V_i=\max(V_{inf,i}, V_{min,i})$	7,15	7,8	44,35	39,9	3,85	6	7,6	35,2	26,85	42,15	18	17,65	17,65
	Návrhový součinitel tepelné ztráty $H_{v,i}$	2,43	2,65	15,08	13,57	1,31	2,04	2,58	11,97	9,13	14,33	6,12	6,00	6,00
	Teplotní rozdíl $(\theta_{int,i}-\theta_e)$	33	33	37	35	30	30	30	35	35	39	35	35	35
	Návrhová tepelná ztráta větráním $\theta_{v,i}=H_{v,i}(\theta_{int,i}-\theta_e)$	80,22	87,52	557,92	474,81	39,27	61,20	77,52	418,88	319,52	558,91	214,20	210,04	210,04

5.1.4 Tepelný zátopový výkon [19]

U prostor, které jsou vytápěné průřezově (noční útlum), je nutné počítat tepelný zátopový výkon, aby bylo dosaženo výpočtové vnitřní teploty. U obytných budov, jejichž stavební konstrukce není lehká, můžeme uvažovat výpočet dle následujícího vztahu:

$$\Theta_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad [W] \quad (5.16)$$

- A_i – podlahová plocha vytápěného prostoru (i) [m²]
 f_{RH} – korekční součinitel závisící na době zátoku a předpokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době (tab. D.10b) [W/m²]

Tabulka 5-7: Tepelný zátopový výkon

Místnost	f_{RH} [W/m ²]	A_i [m ²]	$\Theta_{RH,i}$ [W]
1.01 – Zádveří + šatna	16	6,1	97,6
1.02 – WC		2,2	35,2
1.03 – Obývací pokoj + jídelna		37,8	604,8
1.04 – Kuchyně		11,3	180,8
1.05 – Potravinová komora		3,3	52,8
1.06 – Technická místnost		5,1	81,6
1.07 – Zahradní sklad		6,5	104
1.08 – Chodba		29,9	478,4
1.09 – Prádelna		7,6	121,6
1.10 – Koupelna + WC		12	192
1.11 – Ložnice		15,3	244,8
1.12 – Pokoj		15	240
1.13 – Pokoj		15	240
Suma			2673,6

5.1.5 Návrhový tepelný výkon

Dle výpočtů bylo zjištěno, že návrhový tepelný výkon činí cca 12,5 kW viz tab. 5-7. Tato hodnota reprezentuje tepelný výkon, který je potřebný pro pokrytí tepelných ztrát domu. Pro vytápěný prostor se stanoví podle vztahu:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad [W] \quad (5.17)$$

- $\Phi_{T,i}$ – Tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i) [W]
 $\Phi_{V,i}$ – Tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i) [W]
 $\Phi_{RH,i}$ – Zátopový tepelný výkon požadovaný pro vyrovnání účinků průřezového vytápění vytápěného prostoru [W]

Tabulka 5-8: Návrhový tepelný výkon

Místnost	Tepelná ztráta prostupem tepla	Tepelná ztráta větráním	Zátopový tepelný výkon	Návrhový tepelný výkon
	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]
1.01 – Zádveří + šatna	347,54	80,23	97,6	$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i}$
1.02 – WC	33,96	87,52	35,2	
1.03 – Obývací pokoj + jídelna	1798,55	557,92	604,8	
1.04 – Kuchyně	442,75	474,81	180,8	
1.05 – Potravinová komora	52,84	39,27	52,8	
1.06 – Technická místnost	256,72	61,2	81,6	
1.07 – Zahradní sklad	81,10	77,52	104	
1.08 – Chodba	850,40	418,88	478,4	
1.09 – Prádelna	213,28	319,52	121,6	
1.10 – Koupelna + WC	514,88	558,91	192	
1.11 – Ložnice	605,02	214,2	244,8	
1.12 – Pokoj	521,30	210,04	240	
1.13 – Pokoj	797,82	210,04	240	
Σ	6516,15	3310,06	2673,6	9826,21

5.1.6 Celková roční potřeba energie na vytápění [27]

Vypočte se dle vztahu:

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_0 \cdot \eta} \cdot \frac{24 \cdot Q_C \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \quad [GJ/rok] \quad (5.18)$$

ε	–	opravný součinitel	[-]
η_0	–	účinnost obsluhy, resp. možnosti regulace soustavy	[-]
η	–	účinnost rozvodu vytápění	[-]
Q_C	–	tepelná ztráta objektu	[kW]
D	–	vytápěcí denostupně	[K.dny]
t_e	–	Výpočtová venkovní teplota během otopného období	[°C]
t_{is}	–	průměrná vnitřní výpočtová teplota	[°C]

$$Q_C = \Phi_{HL,i} = 12,5 \text{ kW}$$

$$t_e = \Theta_e = -15 \text{ °C}$$

Zvoleno:

$$\eta_0 = 0,95$$

$$\eta = 0,96$$

Opravný součinitel ε

Spočítá se jako:

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d \quad [-] \quad (5.19)$$

e_i	–	nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem	[-]
e_t	–	snížení teploty v místnosti během dne, respektive v noci	[-]
e_d	–	zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu	[-]

Zvoleno:

$$\left. \begin{array}{l} e_i = 0,85 \\ e_t = 0,9 \\ e_d = 1 \end{array} \right\} \varepsilon = 0,85 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,765$$

Vytápěcí denostupně

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) \quad [K.dny] \quad (5.20)$$

d – délka topného období [19]

$$d = 262 \text{ dní}$$

$$t_{is} = 18,85 \text{ °C}$$

$$t_{es} = \Theta_{m,e} = 3,6 \text{ °C}$$

$$\left. \begin{array}{l} d = 262 \text{ dní} \\ t_{is} = 18,85 \text{ °C} \\ t_{es} = 3,6 \text{ °C} \end{array} \right\} \begin{aligned} D &= 262 \cdot (18,85 - 3,6) \\ &= 3995,5 \text{ K.dny} \end{aligned}$$

Celková roční potřeba energie:

$$Q_{VYT,r} = \frac{0,765}{0,95 \cdot 0,96} \cdot \frac{24 \cdot 12,5 \cdot 3995,5}{(18,85 - (-15))} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 106,9 \frac{GJ}{rok}$$

$$Q_{VYT,r} = 29,7 \text{ MWh/rok}$$

5.1.7 Výpočet nákladů na vytápění

Modelový dům leží v Karlovarském kraji, kde je hlavním dodavatelem plynu Karlovarská plynárenská s.r.o.

Tabulka 5-9: Ceník zemního plynu pro domácnosti (Karlovarská plynárenská s.r.o.) [36]

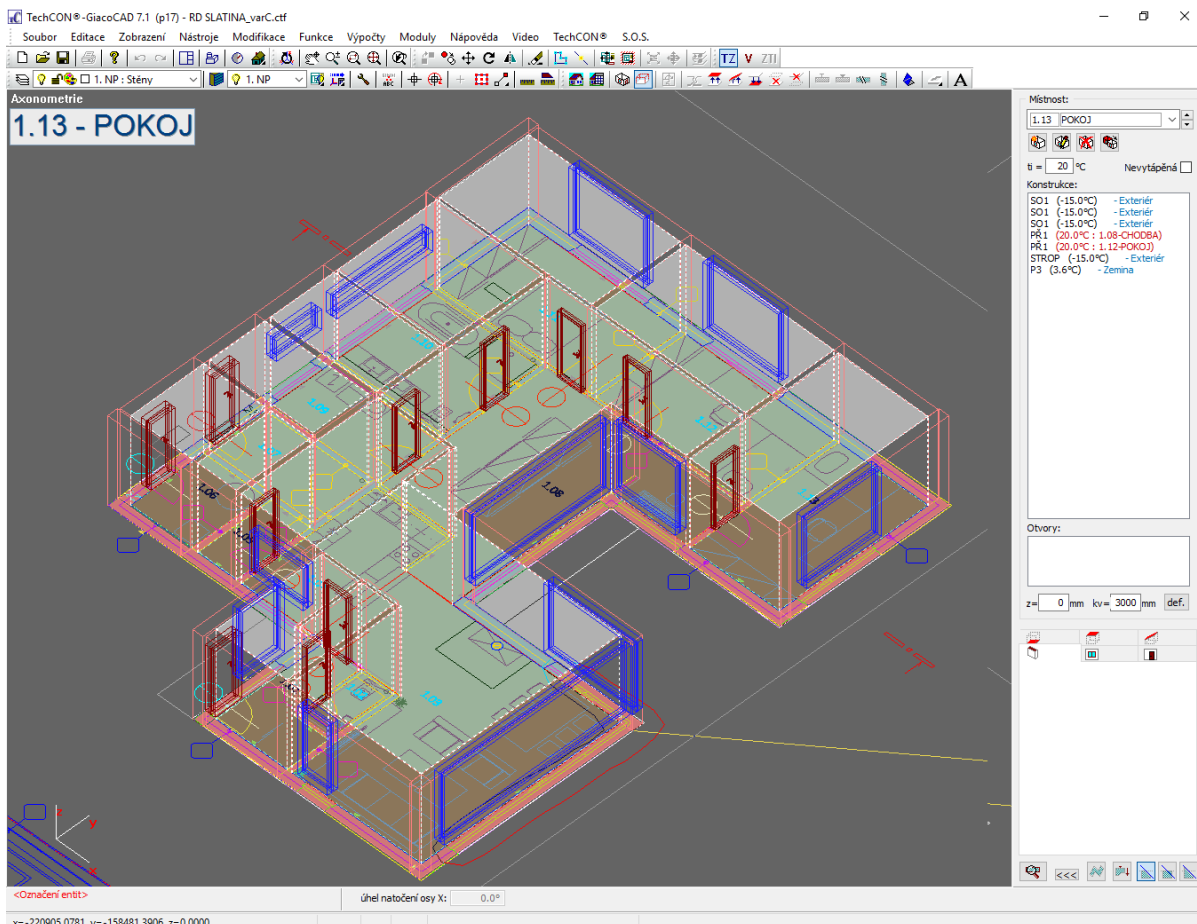
Rozdělení zákazníků		Cena za služby OTE+ERÚ **		Dvousložková cena za distribuci			Cena služeb dodávky		Výsledná cena dodávky				
Roční odběr v místě odběru od ...do		Pevná cena za zaúčtování		Pevná cena za odebraný plyn		Stálý měsíční poplatek za přistavenou kapacitu	Pevná roční cena rezervované denní distribuční kapacity	Komoditní složka ceny	Stálý měsíční poplatek	Součet cen za odebraný zemní plyn v Kč/MWh		Součet stálých měsíčních poplatků v Kč/měsíc	
MWh/rok		Kč/MWh		Kč/MWh		Kč/měsíc	Kč/tis. m ³	Kč/MWh	Kč/měsíc	bez DPH	s DPH	bez DPH	s DPH
* nad 25 do 45		2,40		172,68		197,27	-	849,00	99,00	1 024,08	1 239,14	296,27	358,49
										= C ₁		= C ₂	

$$C = c_1 \cdot Q_{VYT,r} + c_2 \cdot (\text{počet měsíců v roce}) = 1\,239,14 \cdot 29,7 + 358,49 \cdot 12 \quad (5.21)$$

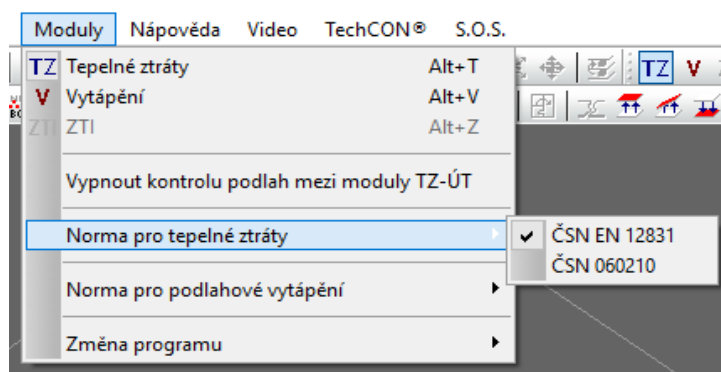
$$C = 41\,104 \text{ Kč}$$

5.2 Výpočet tepelných ztrát pomocí softwaru TechCON®

TechCON® je grafický výpočtový software, který umožňuje výpočet tepelných ztrát objektu, navrhnout jeho ústřední vytápění, rozvody vnitřní kanalizace a rozvody vody. Projekt lze v programu zpracovat jak ve 2D tak 3D prostoru a umožňuje i import objektu z formátu DWG či DXF.



Obrázek 5-4: Prostředí softwaru TechCON



Obrázek 5-5: Nastavení výpočtu

V této práci byl software TechCON použit pro výpočet tepelných ztrát.

Výpočet provádí dle normy ČSN EN 12831, na rozdíl od ručního výpočtu se však započítává vliv tepelných mostů. Tento fakt způsobuje jistou odlišnost mezi výsledky.

5.2.1 Porovnání výsledků

Výpočet tepelných ztrát (EN 12831)

Soubor Balance

Budova
 Místnosti

$\theta_e =$ °C
 $\theta_{m,e} =$ °C

č.	č.m.	účel místnosti	$\theta_{int,i}$ [°C]	A_i [m ²]	V_i [m ³]	g_i [-]	$\Phi_{v,i}$ [W]	$\Phi_{t,i}$ [W]	$f_{h,i}$ [-]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]
1	1.01	ZÁDVEŘÍ + ŠATNA	18.0	6.07	14.67	1.0	82	529	1.00	97	708
2	1.02	WC	18.0	2.20	5.32	1.0	89	-28	1.00	35	97
3	1.03	OBÝVACÍ POKOJ + JÍDELNA	22.0	37.76	91.27	1.0	574	2215	1.00	604	3393
4	1.04	KUCHYŇ	20.0	11.31	27.38	1.0	489	432	1.00	181	1102
5	1.05	POTRAVINOVÁ KOMORA	15.0	3.28	7.93	1.0	40	52	1.00	52	145
6	1.06	TECHNICKÁ MÍSTNOST	15.0	5.09	12.29	1.0	63	346	1.00	81	490
7	1.07	ZAHRADNÍ SKLAD	15.0	6.48	15.66	1.0	80	109	1.00	104	293
8	1.08	CHODBA	20.0	29.94	72.37	1.0	431	1036	1.00	479	1946
9	1.09	PRÁDELNA	20.0	7.60	18.37	1.0	328	263	1.00	122	713
10	1.10	KOUPELNA + WC	24.0	11.96	28.91	1.0	575	613	1.00	191	1379
11	1.11	LOŽNICE	20.0	15.30	36.98	1.0	220	691	1.00	245	1156
12	1.12	POKOJ	20.0	15.00	36.26	1.0	216	545	1.00	240	1001
13	1.13	POKOJ	20.0	15.00	36.26	1.0	216	945	1.00	240	1401
		Spolu:		167.0	403.7						

Výsledky

Φ_T - Součet tepelných ztrát přechodem tepla všech vytápěných prostorů (mimo tepla šířícího se uvnitř budovy - např. tepelné ztráty mezi jednotlivými byty)

Φ_V - Tepelné ztráty větráním všech vytápěných prostorů ($\Sigma V_i = 0.5 \cdot \Sigma V_{int,i} + \Sigma V_{ou,i} \cdot f_{v,i} + \Sigma V_{ou,sm} \cdot f_{v,sm} + \Sigma V_{mech,int,i}$)

Φ_{RH} - Součet tepelných příkonů na zátáp všech vytápěných prostorů potřebný na vyrovnání vlivu přerušovaného vytápění

Φ_{HL} - Projektovaný tepelný příkon pro celou budovu

$\Phi_T =$ W

$\Phi_V =$ W

$\Phi_{RH} =$ W

$\Phi_{HL} =$ W

Tabulka 5-7: Srovnání výsledků pro celý dům

Způsob výpočtu:	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]
Ruční	6516,152	3310,06	2673,6	12499,81
TechCON	7748	3403	2672	13822

Pro tyto výsledky je tedy potřeba přepočítat celkové náklady na vytápění. Dle stejného výpočtu jako v kapitole 5.1.6 je celková roční potřeba energie:

$$Q_{VYT,r} = 34,1 \text{ MWh/rok}$$

Výsledky jednotlivých způsobů výpočtu se liší o 9,6 % (viz Tab. 5-7).

Celkové náklady na vytápění domu plynem (Karlovarská plynárenská s.r.o.) jsou tedy:

$$C^1 = 46 \text{ 556 Kč}$$

¹ Cena spočtena pomocí online kalkulačky [28]. Správnost výsledku kalkulačky byla ověřena stejným výpočtem jako v kapitole 5.1.7 a tento postup bude užít u všech následujících výpočtů ceny za plyn.

K detailnějšímu porovnání výsledků byla zvolena největší místnost v domě – obývací pokoj, protože zde je největší rozdíl ve výsledcích.

Výsledky výpočtu tepelných ztrát v TechCONu:

Výpočet tepelných ztrát (EN 12831)

Soubor Bilance

Budova

Místnosti

1.03 - OBÝVACÍ POKOJ + JÍDELNA

Projektovaná tepelná ztráta přechodem tepla:

$\Phi_{T,i} = 2215 \text{ W}$

Tepelní mosty: 487.7 W

Měrná tepelná ztráta přechodem tepla:

$H_{T,i} = 59.9 \text{ W/K}$ - celková
 $H_{T,je} = 52 \text{ W/K}$ - přímo do exteriéru
 $H_{T,jue} = 0 \text{ W/K}$ - přes nevytápěný prostor
 $H_{T,ij} = 2.8 \text{ W/K}$ - z/do vytápěných prostorů
 $H_{T,ig} = 5.1 \text{ W/K}$ - přes zeminu

$V^{inf,i} = 2 * V_i * n_{50} * e_i * e_i$
 $V^{su,sm} = V^{ex,i} - V^{su,i} - V^{mech,inf,i}$
 $V^i = V^{inf,i} + V^{su,i} + V^{su,sm} + V^{mech,inf,i}$

Tepelný příkon na zátap:

$\Phi_{RH,i} = 604 \text{ W}$
 $f_{RH} = 16 \text{ W/m}^2$

Tepelné zisky:

$\Phi_{HG,i} = 0 \text{ W}$

Projektovaný tepelný příkon:

$\Phi_{HL,i} = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) * f_{hi} + \Phi_{RH,i} - \Phi_{HG,i}$
 $f_{hi} = 1$ pro výšku > 5m
 $\Phi_{HL,i} = 3393 \text{ W}$

Projektovaná tepelná ztráta větráním:

$\Phi_{V,i} = 574 \text{ W}$
 $V^{i,v} = 45.6 \text{ m}^3/\text{h}$

Objemový tok infiltrací:

$V^{inf,i} = 27.4 \text{ m}^3/\text{h}$
 $n_{50} = 5 \text{ 1/h}$
 $e_i = 0.03$
 $e_i = 1$

Nucené větrání:

$V^{su,i} = \text{ } \text{m}^3/\text{h}$
 $\theta_{su} = \text{ } ^\circ\text{C}$
 $V^{ex,i} = \text{ } \text{m}^3/\text{h}$
 $V^{mech,inf,i} = \text{ } \text{m}^3/\text{h}$
 $V^{su,sm} = \text{ } \text{m}^3/\text{h}$

$V_{min} = 45.6 \text{ m}^3/\text{h} \leq V^i = 27.4 \text{ m}^3/\text{h}$
 $n_{min} = 0.5 \text{ 1/h} \leq n = 0.3 \text{ 1/h}$

Tabulka 5-8: Srovnání výsledků pro obývací pokoj

Způsob výpočtu:	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]
Ruční	1798,55	557,92	604,8	2961,27
TechCON	2215,00	574	604	3393

z toho tepelné mosty: 487,7 W

Pokud bych srovnávala výpočty bez započtení vlivu tepelných mostů, výsledky by se lišily o necelá 2 %. S jejich započtením se však liší o 12,7 %.

Z toho vyplývá, že vliv tepelných mostů není zcela zanedbatelný a má smysl ho uvažovat. Další výpočty tedy proběhnou v programu TechCON.

6 NÁVRHY OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ TEPELNÝCH ZTRÁT

V této kapitole se budu zabývat možnostmi, jak snížit tepelné ztráty domu. Výpočet tepelných ztrát bude proveden v programu TechCON®.

6.1 Varianta A

V rámci této varianty budou zatepleny obvodové zdi pěnovým polystyrenem EPS o tloušťce 10 cm. Je však důležité si uvědomit, že fasáda se neskládá jen z izolačního materiálu, ale tvoří ji více komponent, jejichž cena je často mnohem vyšší než samotná cena izolace.

Tabulka 6-1: Náklady na zateplení fasády (materiál + práce) [29]

Úkon:	Kč/m ²	Celková cena:
Fasádní polystyren EPS 70F tl. 100 mm	120	22 717,80 Kč
Lepicí a stěrková hmota (střední kvalita)	85	2 394,88 Kč
Armovací tkanina Vertex R131	20	3 786,30 Kč
Talířová hmoždinka plast. trn 10/210mm (6ks/m2)	35	6 626,03 Kč
Polystyrenová zátka EPS70mm	15	2 839,73 Kč
Penetrace pod omítku	20	3 786,30 Kč
Silikonová omítky 1,5mm	130	24 610,95 Kč
Systémové prvky+lišky (orientačně na m2 plochy)	60	11 358,90 Kč
Montážní práce (lepení, stěrkování, omítky)	440	83 298,60 Kč
Lešení (montáž, demont., pronájem, doprava)	145	27 450,68 Kč
Úklid + odvoz sutí + zalepení oken foliemi	30	5 679,45 Kč
Celkový součet základních položek zateplení:	1015	192 154,7 Kč

Tepelné ztráty po zateplení polystyrenem EPS 70F tl. 100 mm činí:

Φ_T	- Součet tepelných ztrát přechodem tepla všech vytápěných prostorů (mimo tepla šířícího se uvnitř budovy - např. tepelné ztráty mezi jednotlivými byty)
Φ_V	- Tepelné ztráty větráním všech vytápěných prostorů ($\Sigma V_i = 0.5 \cdot \Sigma V_{inf,i} + \Sigma V_{su,i} \cdot f_{v,i} + \Sigma V_{su,sm} \cdot f_{v,sm} + \Sigma V_{mech,inf,i}$)
Φ_{RH}	- Součet tepelných příkonů na zátáp všech vytápěných prostorů potřebný na vyrovnání vlivu přerušovaného vytápění
Φ_{HE}	- Projektovaný tepelný příkon pro celou budovu

$$\Phi_T = 5544 \text{ W}$$

$$\Phi_V = 3403 \text{ W}$$

$$\Phi_{RH} = 2672 \text{ W}$$

$$\Phi_{HE} = 11618 \text{ W}$$

Stejným způsobem jako v kapitole 5.1.6 byla zjištěna celková roční potřeba energie:

$$Q_{VYT,r} = 28,7 \text{ MWh/rok}$$

Celkové náklady na vytápění domu plynem (Karlovarská plynárenská s.r.o.) jsou tedy:

$$C = 39 \text{ 865 Kč} \quad [28]$$

6.2 Varianta B

Varianta B se od varianty A liší pouze tloušťkou izolačního materiálu. Izolantem je zde polystyren EPS 70F o tloušťce 200 mm. Cílem tohoto výpočtu je zjistit, jestli je nutné zateplovat tlustší vrstvou, nebo postačí zateplit vrstvou tenčí dle varianty A.

Tabulka 6-2: Náklady na zateplení fasády (materiál + práce) [29] - var. B

Úkon:	Kč/m ²	Celková cena:
Fasádní polystyren EPS 70F tl. 200 mm	247	46 760,81 Kč
Lepicí a stěrková hmota (střední kvalita)	85	2 394,88 Kč
Armovací tkanina Vertex R131	20	3 786,30 Kč
Talířová hmoždinka plast. trn 10/210mm (6ks/m2)	35	6 626,03 Kč
Polystyrenová zátka EPS70mm	15	2 839,73 Kč
Penetrace pod omítku	20	3 786,30 Kč
Silikonová omítka 1,5mm	130	24 610,95 Kč
Systémové prvky+lišky (orientačně na m2 plochy)	60	11 358,90 Kč
Montážní práce (lepení, stěrkování, omítka)	440	83 298,60 Kč
Lešení (montáž, demont., pronájem, doprava)	145	27 450,68 Kč
Úklid + odvoz suti + zalepení oken foliemi	30	5 679,45 Kč
Celkový součet základních položek zateplení:	1142	216 197,7 Kč

Tepelné ztráty po zateplení polystyrenem EPS 70F tl. 200 mm činí:

Φ_T	- Součet tepelných ztrát přechodem tepla všech vytápěných prostorů (mimo tepla šířícího se uvnitř budovy - např. tepelné ztráty mezi jednotlivými byty)	$\Phi_T =$	5072	W
Φ_V	- Tepelné ztráty větráním všech vytápěných prostorů ($\Sigma V_i = 0.5 * \Sigma V_{inf,i} + \Sigma V_{ou,i} * f_{v,i} + \Sigma V_{ou,om} * f_{v,om} + \Sigma V_{mech,inf,i}$)	$\Phi_V =$	3403	W
Φ_{RH}	- Součet tepelných příkonů na zátáp všech vytápěných prostorů potřebný na vyrovnání vlivu přerušovaného vytápění	$\Phi_{RH} =$	2672	W
Φ_{HL}	- Projektovaný tepelný příkon pro celou budovu	$\Phi_{HL} =$	11146	W

Stejným způsobem jako v kapitole 5.1.6 byla zjištěna celková roční potřeba energie:

$$Q_{VYT,r} = 27,5 \text{ MWh/rok}$$

Celkové náklady na vytápění domu plynem (Karlovarská plynárenská s.r.o.) jsou tedy:

$$C = 38 \text{ 378 Kč} \quad [28]$$

6.3 Varianta C

V této variantě byly řešeny stavební otvory. Při uvažování výměny stávajících oken se součinitelem prostupu tepla $U = 1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ za okna s nižším součinitelem prostupu tepla bylo osloveno několik firem viz Tab. 6-3.

Tabulka 6-3: Porovnání nabídek oken jednotlivých firem

Firma:	Součinitel prostupu tepla nových oken	Cena*:	$\Phi_{HL,i}$	$Q_{VYT,r}$
	$U [\text{W/m}^2\cdot\text{K}]$	[Kč]	[W]	[MWh/rok]
Okna Macek a.s.	0,5	257 152 Kč	12186	29
OKNOSTYL group s.r.o.	0,6	254 498 Kč	12418	29,5
OKNA.EU s.r.o.	0,6	268 124 Kč	12418	29,5

*v ceně je zahrnuta cena oken, doprava, demontáž a ekologická likvidace původních oken, montáž nových oken, zednické práce

Celkové náklady na vytápění domu plynem (Karlovarská plynárenská s.r.o.) jsou tedy:

– Okna Macek a.s.	40 237 Kč	
– OKNOSTYL group s.r.o.	40 856 Kč	
– OKNA.EU s.r.o.	40 856 Kč	[28]

Dále bude varianta C uvažována pouze s okny od firmy Okna Macek a.s. Bylo tak zvoleno, protože mají nejnižší součinitel prostupu tepla, přičemž cena je srovnatelná s ostatními nabídkami.

6.4 Varianta D

Tato varianta je spojením varianty B a C. Jedná se tedy o zateplení fasády polystyrenem EPS 70F o tloušťce 200 mm za současné výměny oken (firma Okna Macek a.s.).

Vstupní investice	Výměna oken:	257 152 Kč
	Zateplení:	216 198 Kč
	Celkem:	473 350 Kč

Tepelné ztráty

Výsledky			
Φ_T	- Součet tepelných ztrát přechodem tepla všech vytápěných prostorů (mimo tepla šířícího se uvnitř budovy - např. tepelné ztráty mezi jednotlivými byty)	$\Phi_T =$	3958 W
Φ_V	- Tepelné ztráty větráním všech vytápěných prostorů ($\Sigma V_i = 0,5 \cdot \Sigma V_{inf,i} + \Sigma V_{su,i} \cdot f_{v,i} + \Sigma V_{su,sm} \cdot f_{v,sm} + \Sigma V_{mech,inf,i}$)	$\Phi_V =$	3403 W
Φ_{RH}	- Součet tepelných příkonů na zátáp všech vytápěných prostorů potřebný na vyrovnání vlivu přerušovaného vytápění	$\Phi_{RH} =$	2672 W
Φ_{HL}	- Projektovaný tepelný příkon pro celou budovu	$\Phi_{HL} =$	10032 W

Stejným způsobem jako v kapitole 5.1.6 byla zjištěna celková roční potřeba energie:

$$Q_{VYT,r} = 23,8 \text{ MWh/rok}$$

Celkové náklady na vytápění domu plynem (Karlovarská plynárenská s.r.o.) jsou tedy:

$$C = 33 \text{ 752 Kč} \quad [28]$$

6.5 Varianta E

Poslední varianta není založena na snaze snížit tepelné ztráty. Jedná se však o způsob, jak naplnit hlavní záměr – snížit investice do vytápění. Týká se změny dodavatele plynu. V současnosti je dodavatelem Karlovarská plynárenská s.r.o., jakožto hlavní dodavatel pro Karlovarský kraj. Proběhne srovnání se třemi největšími dodavateli jako je E.ON, innogy (dříve RWE), ČEZ a nejlevnějším dodavatelem - Skautská energie.

Tabulka 6-4: Varianta E – srovnání nákladů na vytápění u různých dodavatelů plynu [28]

Varianta zateplení:	Tepelná ztráta prostupem tepla: $\Phi_{T,l}$ [W]	Náklady na vytápění za rok:				
		Karlovarská plynárenská	E.ON (Energie Standard)	innogy (Standard)	ČEZ (Klasik)	Skautská energie
Varianta bez zateplení	7 748	46 556 Kč*	47 385 Kč	48 542 Kč	42 440 Kč	30 389 Kč
Varianta A (EPS 70F tl. 100 mm)	5 544	39 865 Kč	39 121 Kč	41 553 Kč	36 265 Kč	26 030 Kč
Varianta B (EPS 70F tl. 200 mm)	5 072	38 378 Kč	37 681 Kč	40 000 Kč	34 893 Kč	25 061 Kč
Varianta C (výměna oken)	6 112	40 237 Kč	39 479 Kč	41 941 Kč	36 608 Kč	26 272 Kč
Varianta D (var. B + C)	3 958	33 752 Kč	33 242 Kč	35 170 Kč	30 620 Kč	22 034 Kč

*výchozí stav

Zhodnocení

Z tab. 6-4 plyne, že majitel domu může ušetřit 16 167 Kč ročně pouhou změnou dodavatele plynu – přechodem ke společnosti Skautská energie. Úspora je významných 35 % z původních ročních nákladů. Pokud by se snažil ušetřit ještě více, volil by jednu z variant A, B, C, D.

Největší úsporu představuje varianta D (zateplení polystyrenem EPS 70F tloušťky 200 mm + výměna oken). Roční náklady na vytápění by se snížily o 12 805 Kč.

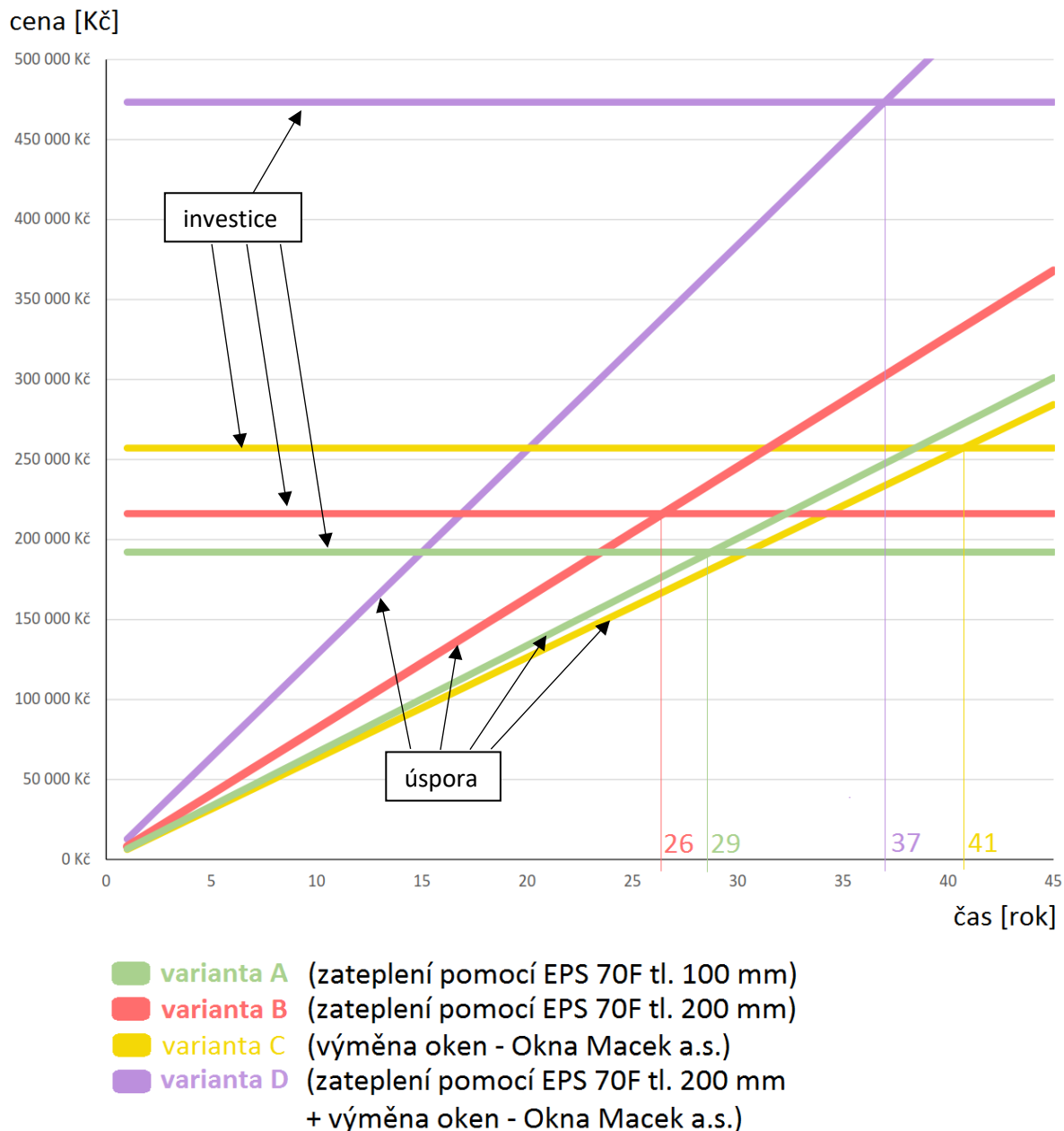
Za předpokladu současné změny dodavatele plynu (Karlovarská plynárenská → Skautská energie) by tato úspora byla největší možná – 24 522 Kč za rok čili 53 % z původní ceny. Je však nutné počítat s poměrně vysokou vstupní investicí do této varianty zateplení.

To, která z těchto variant je nejvýhodnější z hlediska návratu investice, je rozebráno v následující kapitole.

7 EKONOMICKÉ POSOUZENÍ NÁVRHŮ

Tato kapitola se zabývá ekonomickým posouzením jednotlivých variant zateplení. Hlavním cílem bude zjištění návratnosti investic do zateplení, které proběhne ve dvou částech:

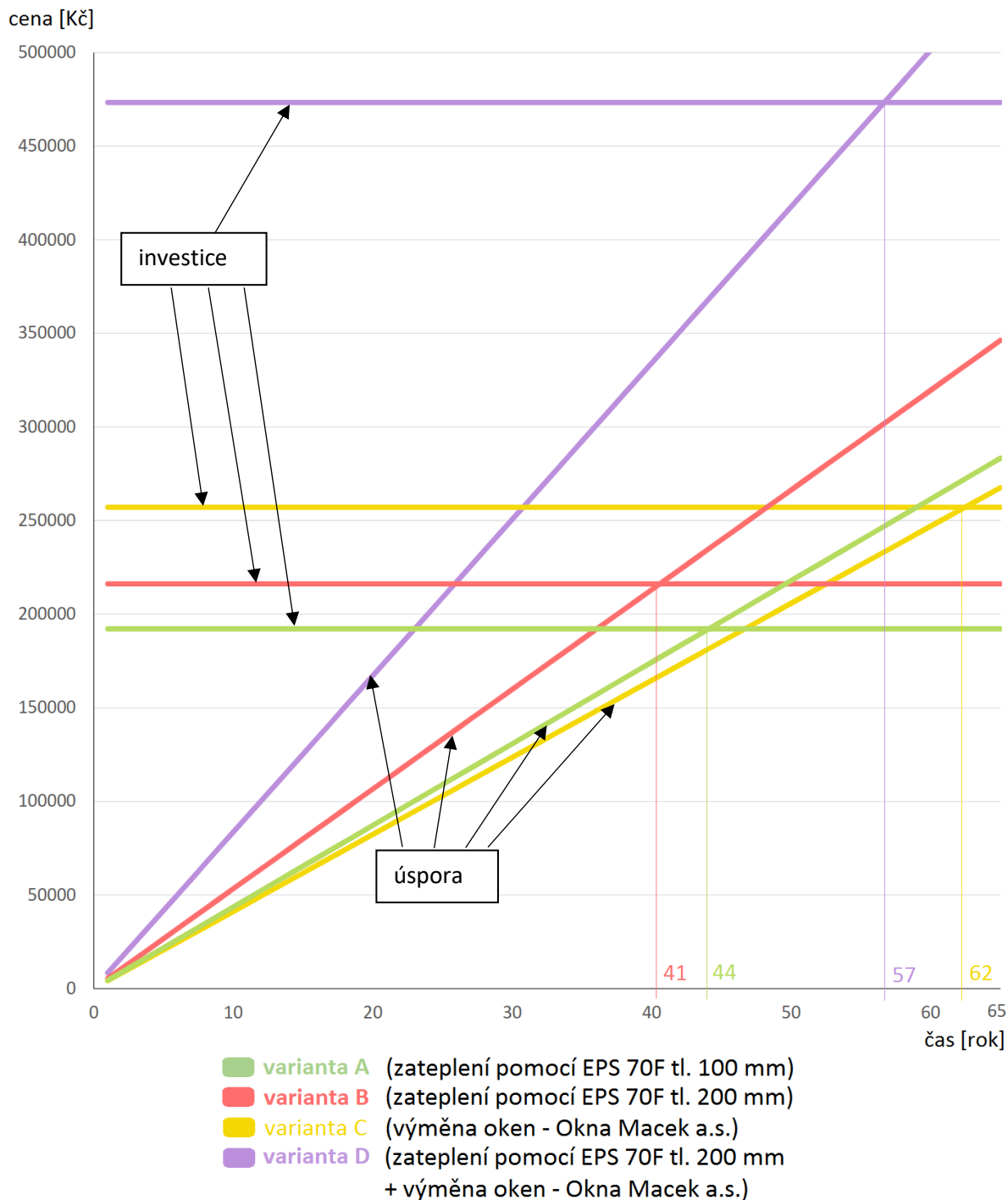
- 1) Návratnost investic při zachování odběru plynu u současného dodavatele (Karlovarská plynárenská s.r.o.)



Graf 7-1: Návratnost investic (dodavatel plynu: Karlovarská plynárenská s.r.o.)

Z grafu 7-1 je patrné, že nejrychleji se vrátí investice do zateplení varianty B (EPS 70F tl. 200 mm). I přesto, že investice nebyla nejmenší, doba návratnosti je nejkratší, činí 26 let. Naopak investice do výměny oken se vrátí až za 41 let. Je to způsobeno tím, že původně měl dům moderní plastová okna s poměrně dobrými parametry, takže jejich výměnou nedošlo k markantnímu snížení tepelných ztrát. V dnešní době lidé mění okna velmi často. Není to však jen kvůli snížení tepelných ztrát, ale i kvůli tomu, že stará okna již dosloužila a začalo jimi třeba zatékat. Další výhodou nových oken může být to, že poskytují určité odhlučnění.

2) Návratnost investic po změně dodavatele plynu (Skautská energie)



Graf 7-2: Návratnost investic (dodavatel plynu: Skautská energie)

Jak je vidět v grafu 7-2, po přechodu od Karlovarské plynárenské ke Skautské energii se doba návratu investic značně prodloužila. Může za to fakt, že Skautská energie má nižší ceny energií. Majitel tedy sice zaplatí méně za plyn, ale také méně ušetří. V případě varianty C (výměna oken) se vložená investice vrátí až za 62 let. Je tedy na majiteli, rozhodne-li se pro některou z variant, ani jedna se totiž nejeví jako výhodná.

Důležitý je také fakt, že výsledky zobrazené v grafech 7-1 a 7-2 plně neodpovídají realitě. Řešení bylo provedeno se současnými cenami za plyn. Ve skutečnosti však ceny plynu rok od roku stoupají. Je tedy nutné si uvědomit, že v reálu by se investice vrátila ještě o něco později.

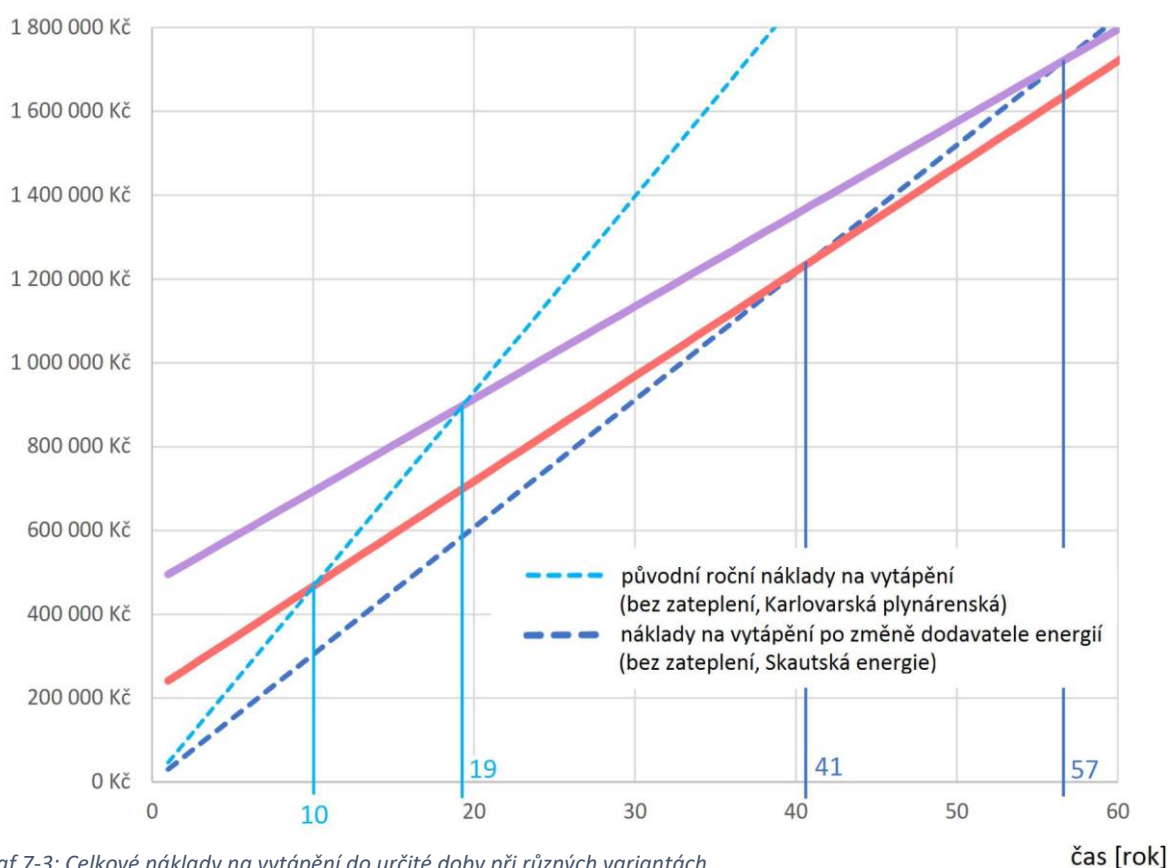
Další zajímavé srovnání poskytuje následující graf 7-3. Tentokrát zde není vyobrazena úspora jednotlivých zvolených variant, ale celková částka, která byla zaplacená do určité doby.

Ke srovnání byly zvoleny tyto varianty:

- **varianta B** zateplení pomocí EPS 70F tl. 200 mm za současné změny dodavatele plynu (Skautská energie)
- **varianta D** zateplení pomocí EPS 70F tl. 200 mm + výměna oken - Okna Macek a.s. za současné změny dodavatele plynu (Skautská energie)

Bylo tak voleno z důvodu, že varianta B má nejkratší návratnost investice a varianta D je v dnešní době nejobvykleji prováděná varianta.

náklady na vytápění



Graf 7-3: Celkové náklady na vytápění do určité doby při různých variantách

Z grafu jasně plyne, že provedení variant B resp. D se vrátí již za 10 resp. 19 let vzhledem k původnímu stavu. Jinými slovy to znamená, že za deset let se při původním stavu do vytápění investuje stejná částka jako při variantě B. Po uplynutí této doby se však při provedení varianty B začíná šetřit.

Stejně tak to platí pro tyto dvě varianty, pokud jsou srovnány se stavem, kdy majitel domu pouze změnil dodavatele plynu. Za 41 let se investice do varianty B splatí a začne se šetřit (viz graf 7-2).

8 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo *posoudit investice do úspor vytápění rodinných domů*. Úsporu vytápění představují hlavně různá opatření vedoucí ke snížení tepelných ztrát domu (např. zateplení). Nejprve tedy byly rozebrány základní izolační materiály, a také různé způsoby zateplení.

Nejrozšířenějším izolačním materiálem je expandovaný pěnový polystyren EPS, který u mnoha lidí vyvolává otázky ohledně jeho ekologické nezávadnosti. Bylo dokázáno, že spalováním EPS se uvolňuje množství oxidu uhelnatého, které je však mnohem menší než to, které vzniká spalováním např. dřeva. Stále je však potřeba si uvědomit, že se jedná o polymerní materiál, který je nutné v co největší míře recyklovat.

V dnešní době, kdy je zateplování velkým trendem, se občas stává, že např. kvůli nedodržení správného postupu při zateplování, vznikají s tímto zateplením problémy. Nejčastějším z nich je vznik plísní v důsledku srážení vlhkosti ve zdivu. U lidí žijících v takovémto domě se pak mohou rozvinout alergie, až astma, nebo mykózy. V takovémto případě nezbyvá než vypátrat příčinu vlhkosti a plísně se zbavit.

U modelového domu byly spočteny tepelné ztráty. Výpočet byl proveden dle normy ČSN EN 12831. Jeho ověření proběhlo v programu TechCON®, což je grafický výpočtový software, který nabízí výpočet tepelných ztrát, a kromě toho i návrh ústředního topení nebo rozvody vody. Výpočet tepelných ztrát provádí dle normy ČSN EN 12831, od ručního se však liší tím, že započítává vliv tepelných mostů. Z tohoto důvodu se výsledky jednotlivých výpočtů liší o 9,6 %. Vliv tepelných mostů tedy není zanedbatelný, takže další výpočty proběhly v tomto programu.

Návrhový tepelný výkon domu se skládá ze tří složek – z tepelné ztráty prostupem tepla, návrhové tepelné ztráty větráním a zátopového tepelného výkonu. Hlavní snahou je snížit první jmenovanou složku. Toho se dá dosáhnout pomocí různých opatření ke snížení tepelných ztrát prostupem. Byly navrženy 4 varianty:

- Varianta A – zateplení pomocí EPS 70F o tloušťce 100 mm
- Varianta B – zateplení pomocí EPS 70F o tloušťce 200 mm
- Varianta C – výměna oken
- Varianta D – zateplení pomocí EPS 70F o tloušťce 200 mm + výměna oken

Původní tepelná ztráta prostupem byla 7,7 kW; u varianty A – 5,5 kW; u varianty B – 5,1 kW; u varianty C – 6,1 kW a u varianty D – 4 kW.

Modelový dům je vytápěn plynem. Dalším způsobem, jak ušetřit na vytápění byla tedy změna dodavatele plynu. Proběhlo srovnání nákladů do vytápění u různých dodavatelů a jako nejlevnější se ukázala Skautská energie. Roční náklady do vytápění u modelového domu bez zateplení jsou 46 556 Kč u Karlovarské plynárenské, což je původní dodavatel energií, a 30 389 Kč u Skautské energie. Výrazné úspory (35 %) se dá tedy dosáhnout pouhou změnou dodavatele energií.

Porovnání jednotlivých variant z hlediska úspory proběhlo ve dvou fázích. V první byly porovnány úspory při odběru plynu u původního dodavatele (Karlovarská plynárenská s.r.o.) a ve druhé byly porovnány při odběru plynu od nejlevnějšího dodavatele (Skautská energie).

Investice do zateplení dle varianty B se vrátí za nejkratší čas. Za předpokladu změny dodavatele plynu (přechod ke Skautské energii) by to vzhledem k původním nákladům bylo 10 let a roční náklady do vytápění by v tomto případě byly 25 061 Kč. Lidé však nejčastěji volí variantu, kdy současně se zateplením vymění okna. V tomto případě je to varianta C. Za předpokladu změny dodavatele plynu (přechod ke Skautské energii) by návratnost byla 19 let a roční náklady do vytápění 22 034 Kč, což je pouhých 47 % z původní ceny.

Dle mého názoru je nejvýhodnější přejít od Karlovarské plynárenské ke Skautské energii a zateplovat dle varianty B (zateplení EPS 70F tl. 200 mm), protože investice do této varianty se vrátí jako první (za 10 let) a je druhá nejúspornější (hned po variantě D, která se však vrátí až za 19 let).

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] xBizon, s. r. o. *nazeleno.cz: Tepelné izolace* [online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/vune-penez/clanky-5/tepelne-izolace-zatepleni-oken-sten-ci-stropu-1.aspx>
- [2] xBizon, s. r. o. *nazeleno.cz: Zateplení podlahy* [online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/izolace/zatepleni-podlahy-jak-na-to.aspx>
- [3] iStavitel, s.r.o. *istavitel.cz: Základní přehled tepelně izolačních materiálů* [online]. [cit. 2017-01-25] Dostupné z: <http://istavitel.cz/clanek/izolace/tepelne-izolace/zakladni-prehled-tepelne-izolacnich-materialu> 80
- [4] xBizon, s. r. o. *nazeleno.cz: Zateplení domu* [online]. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/izolace/zatepleni-domu-jaky-izolacni-material-pouzit.aspx>
- [5] Truhlářství Jaroslav Vacek, *truhlvacek.cz: PUR VÝPLNĚ* [online]. [cit. 2017-01-25] Dostupné z: <http://www.truhlvacek.cz/sendvicove-pur-desky-tl-24-mm-hladke.htm>
- [6] *stavba.tzb-info.cz: Minerální izolace* [online]. [cit. 2017-01-25] Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>
- [7] Bativox. *bativox.be: FOAMGLAS PERINSUL* [online]. [cit. 2017-01-25] Dostupné z: <http://www.bativox.be/nl/foamglas/artikel/1503/foamglas-perinsul-de-koudebrugoplossing-met-veel-mogelijkheden/>
- [8] Magistrát města Plzně. *energetika.plzen.eu: Tepelné ztráty a zateplení* [online]. [cit. 2017-01-26] Dostupné z: <http://energetika.plzen.eu/energeticke-manazerstvi/usporna-opatreni/tepelne-ztraty-a-zatepleni/tepelne-ztraty-a-zatepleni.aspx>
- [9] EkoWATT. *ekowatt.cz: Úsporná opatření v rodinných domech* [online]. [cit. 2017-01-26] Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/usporna-opatreni-v-rodinnych-domech>
- [10] RNDr. Kateřina Klánová, CSc. *plisne.com: Plísň – mikroskopické vláknité houby* [online]. [cit. 2017-02-07] Dostupné z: <http://www.plisne.com/2013/10/21/plisne-mikroskopicke-vlknite-houby/>
- [11] *Vitalion.cz: Astma bronchiale* [online]. [cit. 2017-13-02] Dostupné z: <http://nemoci.vitalion.cz/astma-bronchiale/>
- [12] *chytře-bydlení.cz: Tři metody podřezání zdiva* [online]. [cit. 2017-04-03] Dostupné z: <http://www.chytře-bydlení.cz/tri-metody-podrezani-zdiva-rozdil-je-v-narocnosti-a-cene>
- [13] IzoSlužby.cz. *sanacebrno.cz: Chemická injektáž* [online]. [cit. 2017-04-03] Dostupné z: <http://sanacebrno.cz/podrezavani-chemicka-injektaz-vlhkeho-zdiva-brno.html>
- [14] SANA Group s.r.o.: *vlhke-zdivo.cz: Odstranění vlhkosti* [online]. [cit. 2017-04-03] Dostupné z: <http://www.vlhke-zdivo.cz/odstraneni-vlhkosti/rucni-podrezani>
- [15] Complet San s.r.o.: *completsan.cz: Injektáž* [online]. [cit. 2017-04-03] Dostupné z: <https://www.completsan.cz/services/injektaz/>
- [16] Drahošová Lucie. *ubydlení.cz: Drenáž kolem domu a odvodnění* [online]. [cit. 2017-04-03] Dostupné z: <http://www.ubydlení.cz/drenaz-kolem-domu-a-odvodneni-navod-jak-na-to/>

- [17] František Hróz: *izolacehroz.cz: Aktivní elektroosmóza* [online]. [cit. 2017-04-03] Dostupné z: <http://www.isolacehroz.cz/technologie-sanace/aktivni-elektroosmoza-systemy-bqm-drym-a-bqm-drymeconomy/>
- [18] PAVELEK, Milan. Termomechanika. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-214-4300-6.
- [19] ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách – výpočet tepelného výkonu. 1. Praha: Český normalizační institut.
- [20] ČSN 73 0540-3. Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin. Praha: Český normalizační institut.
- [21] Návrh povrchové krytiny pro podlahové topení. Podlahové topení [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: http://www.podlahove-topeni.eu/doc/Navrh_povrchove_krytiny_pro_podlahove_topeni.pdf
- [22] Porotherm 30. *Wienerberger cihlářský průmysl, a. s.* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: http://wienerberger.cz/produkty/porotherm-30-p-d?wb_condition=ProductType:1366225107229#collapse-collapse1366232729722
- [23] POROTHERM strop: Stropní konstrukce. *Svépomocí.cz s.r.o.* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: http://www.svepomoci.cz/svepomoci-zive/priprava-stavby/download/2608_8ea48d702dbd8995f09fc0a89c49b4fb.html
- [24] Stropní vložka MIAKO 25/50. *Wienerberger cihlářský průmysl, a. s.* [online]. [cit. 2017-03-22].
- [25] Tepelný odpor R. *Topinfo s.r.o.* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-r>
- [26] Součinitel prostupu tepla. *Topinfo s.r.o.* [online]. [cit. 2017-03-24]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>
- [27] Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. *Top-info s.r.o.* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [28] Kalkulačka ceny plynu. *Ušetřeno.cz* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <https://www.usetreno.cz/kalkulacka-cen-plynu/kalkulace/>
- [29] Zateplení fasády cena za m². *Zofi fasády s.r.o.* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <https://www.zatepleni-fasad.eu/vse-o-zatepleni/zatepleni-fasady-cena-za-m2/>
- [30] Ceník pronájmů. *BM GROUP s.r.o.* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.leseni-beroun.cz/cenik-pronajmu.htm>
- [31] Platby za energie patří spolu s výdaji za bydlení k největší finanční zátěži rodinných rozpočtů. *Porovnej24.cz* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.porovnej24.cz/platby-za-energie-patri-spolu-s-vydaji-za-bydleni-k-nejvetsi-financni-zatezi-rodinnych-rozpocetu/t1001088>
- [32] Energie spolknou více než pětinu rodinného rozpočtu. Pomůže kvalitní zateplení. *TOPINFO S.R.O.* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/4826.energie-spolknou-vice-nez-petinu-rodinneho-rozpocetu-pomuze-kvalitni-zatepleni>
- [33] Češi a spotřeba energie. *OceneniCeskychPodnikatelek.cz* [online]. [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://oceneniceskychpodnikatelek.cz/cesi-a-spotreba-energie/>
- [34] KM BETA a.s., nejen střecha na dlouhá léta. *TEPELNÉ MOSTY: Technická příručka*. 2014.

- [35] Hydroizolace podlah pochůznou vrstvou. Teplá pěna® [online]. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.tepla-pena.cz/hydroizolace-podlah/>
- [36] Ceník dodávky zemního plynu a souvisejících služeb: Domácnosti. Karlovarská plynárenská s.r.o. [online]. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <https://www.kvplyn.cz/sites/default/files/KV%20Plyn%20A4%20RWE%20GasNet%20cenik%20012017%20DOM.pdf>
- [37] Ekologické dopady zateplování budov. České ekologické manažerské centrum, z. s. [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.tretiruka.cz/news/ekologicke-dopady-zateplovani-budov/>
- [38] Fakta o pěnovém polystyrenu. Sdružení EPS ČR [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.epscr.cz/fakta-o-eps.html?id=100>
- [39] Vlastnosti expandovaného pěnového polystyrenu (EPS): Pěnový polystyren pro tepelnou a zvukovou izolaci. Topinfo s.r.o. [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/8482-vlastnosti-expandovaneho-penoveho-polystyrenu-eps>
- [40] ZATEPLOVÁNÍ – OBECNÉ INFORMACE: Pěnový polystyren - nejpoužívanější tepelná izolace. Izolace-info [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.izolace-info.cz/technicke-informace/zateplovani-obecne-informace/?nid=20692-penovy-polystyren-nejpouzivanejsi-tepelna-izolace.html#.WSCXHGjyics>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Rozměr	Název veličiny
A_i	m^2	podlahová plocha vytápěného prostoru
A_k	m^2	plocha místnosti
b_u	-	redukční činitel
c	$J/kg.K$	měrná tepelná kapacita
C	Kč	náklady na vytápění
c_1	Kč	součet cen za odebraný zemní plyn
c_2	Kč	součet stálých měsíčních poplatků
d	dny	počet dnů otopné sezóny
D	K.dny	vytápěcí denostupně
E_0	W/m^2	vlastní zářivost
e_d	-	zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu
e_i	-	stínící činitel
e_k	-	korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických vlivů
e_t	-	snížení teploty v místnosti během dne, resp. v noci
f_{g1}	-	korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty
f_{g2}	-	teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou
$f_{i,j}$	-	redukční teplotní činitel, který koriguje teplotní rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty
f_{RH}	W/m^2	korekční součinitel závisející na době zátopu a předpokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době
G_w	-	korekční činitel zohledňující vliv spodní vody
$H_{T,ie}$	W/K	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy
$H_{T,ig}$	W/K	součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu
$H_{T,ij}$	W/K	součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu
$H_{T,iue}$	W/K	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem
$H_{v,i}$	W/K	součinitel návrhové tepelné ztráty větráním
n_{50}	h^{-1}	intenzita výměny vzduchu za hodinu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodů vzduchu
n_{min}	h^{-1}	minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu
\dot{q}	W/m^2	hustota tepelného toku
\dot{Q}	W	tepelný tok
Q_c	W	tepelná ztráta objektu
$Q_{vyt,r}$	GJ/rok	celková roční potřeba energie na vytápění

Symbol	Rozměr	Název veličiny
R	$m^2.K/W$	tepelný odpor
R_{se}	$m^2.K/W$	tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
R_{si}	$m^2.K/W$	tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
t_e	$^{\circ}C$	výpočtová venkovní teplota během otopného období
t_{is}	$^{\circ}C$	průměrná vnitřní výpočtová teplota
$U_{equiv,k}$	$W/m^2.K$	ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí
U_K	$W/m^2.K$	součinitel prostupu tepla
$V_{inf,i}$	m^3/h	maximu výměny vzduchu infiltrací
$V_{min,i}$	m^3/h	minimální výměna vzduchu
V_i	m^3/h	výměna vzduchu
V_k	m^3	objem místnosti
$grad\Phi$	K/m	gradient teploty
λ	$W/m.K$	součinitel tepelné vodivosti
ε	-	opravný součinitel
ε_i	-	výškový korekční činitel
η	-	účinnost rozvodu vytápění
η_o	-	účinnost obsluhy, resp. Možnost regulace soustavy vytápění
Θ_e	$^{\circ}C$	výpočtová venkovní teplota
$\Theta_{int,i}$	$^{\circ}C$	výpočtová vnitřní teplota
$\Theta_{m,e}$	$^{\circ}C$	roční průměrná teplota
Θ_u	$^{\circ}C$	teplota nevytápěné místnosti
μ	-	faktor difúzního odporu
$\Phi_{RH,i}$	W	tepelný zátopový výkon
$\Phi_{T,i}$	W	návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru
$\Phi_{V,i}$	W	návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A

Údaje o materiálech

PŘÍLOHA B

Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla